AL. CHRISTEA AL. CIMPOIA

INSTALAȚII de ventilare și condiționare a aerului

Manual pentru licee industriale cu profil de construcții, anii IV și V, și școli de maiștri

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI – 1977

Scanned with OKEN Scanner

210379/III
LN1 E

Ing. AL. CHRISTEA Ing. AL. CIMPOIA

INSTALAȚII de ventilare și condiționare a aerului

Manual pentru licee industriale cu profil de construcții, specializarea instalator pentru construcții, anii IV și V și școli de maiștri

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI – 1977

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 1

OBIECTUL VENTILĂRII ȘI CONDIȚIONĂRII AERULUI. MIJLOACE DE REALIZARE

Creșterea continuă a nivelului de trai a condus la cerințe sporite în ceea ce privește condițiile de confort, care sînt determinate de calitatea aerului din încăperi.

Calitatea aerului în încăperi se realizează cu ajutorul instalațiilor de ventilare sau de condiționare a aerului, care elimină praful, gazele, vaporii, fumul, căldura și mirosul și introduc în încăperi un aer curat, cald sau rece, după anotimp, cu o umiditate și o viteză potrivită necesităților de confort.

În țara noastră se acordă o atenție deosebită asigurării condițiilor de confort și igienice în toate încăperile ocupate de oameni.

Astfel, pentru încăperile industriale cu procese tehnologice, care degajă substanțe nocive, ventilarea este impusă, prin lege, ca măsură de protecție a muncii. Ca urmare, toate întreprinderile industriale care au locuri de muncă cu condiții neigienice sînt dotate cu instalații de ventilare și nu sînt date în exploatare pînă cînd nu se obține avizul organelor sanitare specializate, care să certifice funcționarea eficientă a instalațiilor de ventilare.

În fabrici, rolul instalațiilor de ventilare a fost extins de la cel de protecție a muncii la cel tehnologic ; un număr din ce în ce mai mare de instalații se realizează nu numai pentru a crea confortul și a asigura condiții de igienă, ci și pentru a realiza și menține un mediu prielnic bunei desfășurări a procesului tehnologic. Această măsură se aplică pe scară largă în special în industriile textilă, chimică, electronică, electrotehnică și construcții de mașini. Ventilarea în industrie a căpătat în țara nastră o dezvoltare atît de mare încît, pe măsură ce apare sau se perfecționează un proces tehnologic, ventilarea însoțește întotdeauna realizarea acestuia. De asemenea, prelucrarea și chiar depozi-

Scanned with OKEN Scanner

tarea ficcărui material nou sînt întotdeauna examinate urmărind și condițiile de mediu pe care urmează să le creeze instalațiile de ventilare.

Clădirile social-culturale, comerciale, administrative etc. sînt dotate cu instalații de ventilare pentru crearea confortului. Printre cele mai reprezentative lucrări în acest domeniu sînt instalațiile de la Sala Palatului Republicii Socialiste România, de la Televiziunea română, Hotelul Intercontinental, Teatrul Național, centrele de calcul etc., realizate la cel mai înalt nivel tehnic și care demonstrează priceperea și posibilitățile creatoare ale poporului nostru.

În încăperile social-culturale, săli cu aglomerare de persoane, săli de spectacol, restaurante etc., prin ventilare se urmărește eliminarea căldurii, vaporilor de apă, bioxidului de carbon și mirosului, și alimentarea încăperilor cu aerul proaspăt necesar respirației. În același timp, prin asocierea unor valori ale temperaturii, umidității și vitezei de deplasare a aerului, se urmărește obținerea unor condiții de confort.

În spitale, sistemele de ventilare contribuie în măsură determinantă la crearea unor condiții aseptice, prin eliminarea aerului cu conținut de microorganisme vătămătoare și prin introducerea unui aer curat în încăperile ocupate.

În toate încăperile fără locuri permanente de muncă, în care sînt montate instalații de conducte și rezervoare cu gaze sub presiune, și care, în urma unor accidente, pot fi umplute brusc cu gaze, se prevăd instalații de ventilare de avarie, acționate din exterior, avînd rolul de a evacua în timp scurt gazele din încăpere.

■ Dacă ventilarea are drept scop realizarea unor condiții igienice, prin curățarea aerului dintr-o încăpere de substanțele nocive degajate fără să urmărească și obținerea unor condiții de confort, ea poartă numele de *ventilare simplă*.

■ După felul substanței nocive, ventilarea poate fi: ventilare cu desprăfuire sau, pe scurt, desprăfuirea aerului, pentru curățarea de praf a aerului din încăpere; ventilare cu eliminare de ceață sau, pe scurt, eliminarea ceții, pentru curățarea aerului de vaporii de apă degajați de la procesele tehnologice; ventilare pentru eliminarea căldurii, eliminarea gazelor, vaporilor și fumului.

Cînd ventilarea urmărește să realizeze condiții de confort în spațiul ocupat, ea poartă denumirea de condiționarea aerului.

Factorii principali ai confortului sînt temperatura și umiditatea aerului.

Instalațiile de condiționare creează deci un mediu cu o temperatură și o umiditate a aerului date, în timp ce instalațiile de ventilare simplă nu acționează deloc asupra acestor parametri, urmărind numai acei factori care viciază atmosfera (gaze, praf etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Ventilarea și condiționarea aerului se realizează prin instalații compuse dintr-o serie de elemente care diferă după tipul instalației.

■ O instalație de ventilare simplă (fig. 1.1) pentru aspirarea aerului dintr-o încăpere este alcătuită din : un ventilator, o conductă sau o rețea de conducte de aer, guri de aspirație montate pe conducte, organe de reglaj montate la ramificațiile conductelor, la gurile de aspirație și la ventilator și o căciulă de protecție montată la conducta de evacuare a aerului din instalație.

Ventilatorul este o mașină care, acționată de un motor (de obicei electric), realizează deplasarea aerului în instalație. Ventilatorul aspiră aer din mediul înconjurător, direct sau prin intermeniul unei conducte, îl comprimă puțin și îl refulează în instalație.

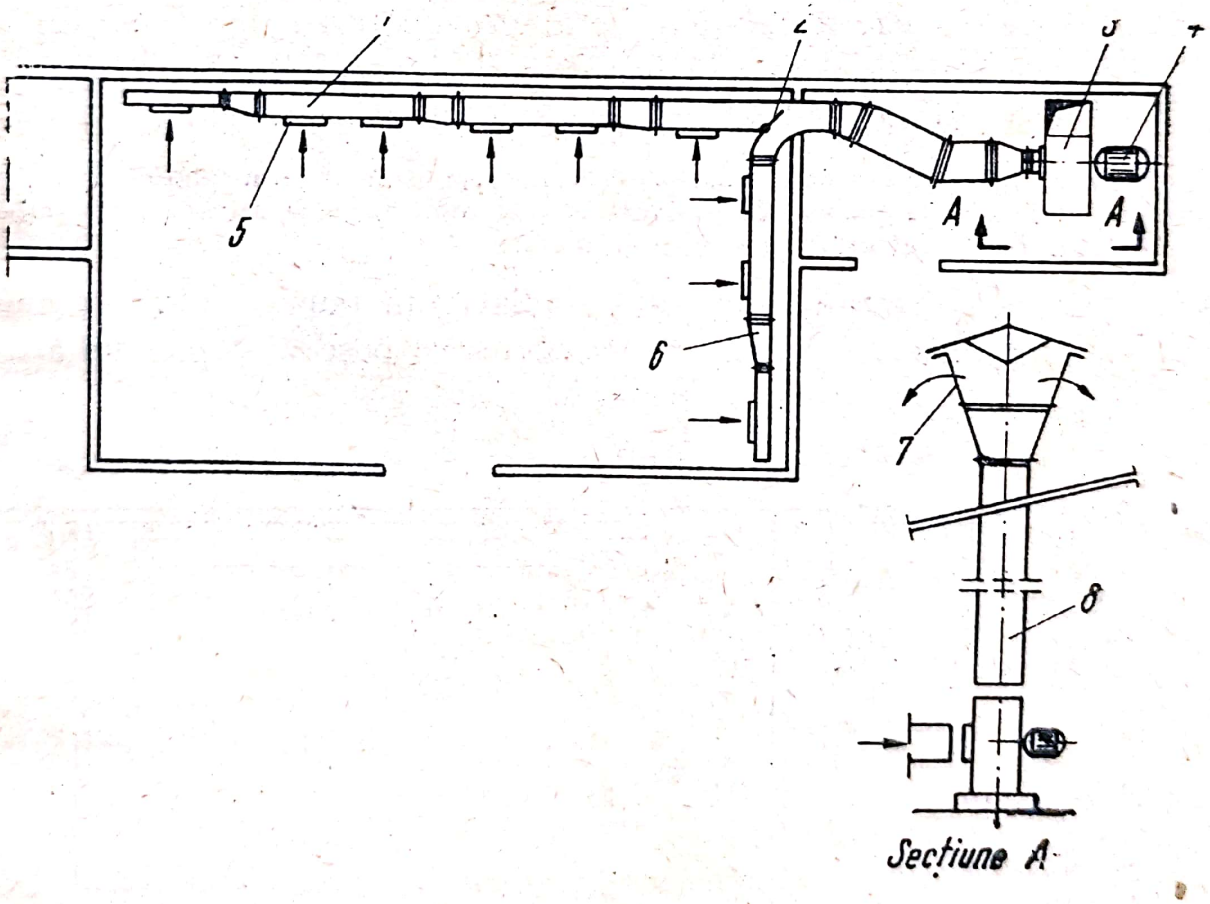


Fig. 1.1. Instalație de ventilare simplă pentru aspirarea aerului dintr-o încăpere cu degajări nocive :

1 — conductă de aer ; *2* — clapetă de reglaj ; *3* — ventilator ; *4* — motor electric ; *5* — gură de aspirație ; *6* — conductă de aer ; *7* — căciulă de protecție ; *8* — conductă de evacuare.

Scanned with OKEN Scanner

Conductele de aer servesc la conducerea aerului de la un capăt la altul al instalației.

Gurile de aspirație constituie deschiderile prin care aerul viciat pătrunde în instalație.

Organele de reglaj servesc la reglarea debitului de aer care curge prin diversele părți ale instalației, astfel încît funcționarea acesteia să corespundă necesităților.

Căciula de protecție împiedică pătrunderea precipitațiilor atmosferice în conducta de evacuare.

Instalația din figura 1.1 funcționează astfel: aerul viciat din încăpere este absorbit în conducte prin gurile de aspirație, apoi este condus pînă la ventilator și evacuat de acesta în exterior prin conducta de evacuare.

■ În locul aerului viciat evacuat din încăpere de instalația de aspirație se aduce aer proaspăt din exterior printr-o instalație de introducere (fig. 1.2). Această instalație antrenează din atmosferă aer proaspăt printr-o priză de aer, îl curăță de praf într-un filtru, îl încălzește în timpul iernii într-o baterie de încălzire și îl introduce în încăperea ventilată prin intermediul unor conducte cu guri de refulare.

Ca și la instalația precedentă, conducerea aerului prin elementele instalației, de la un capăt la celălalt al acesteia, este determinată de ventilator, iar cantitățile de aer repartizate în încăpere se reglează prin organe de reglaj.

■ Instalațiile de condiționare sînt similare din punct de vedere constructiv cu cea din figura 1.2, cu deosebirea că posedă în plus un apa-

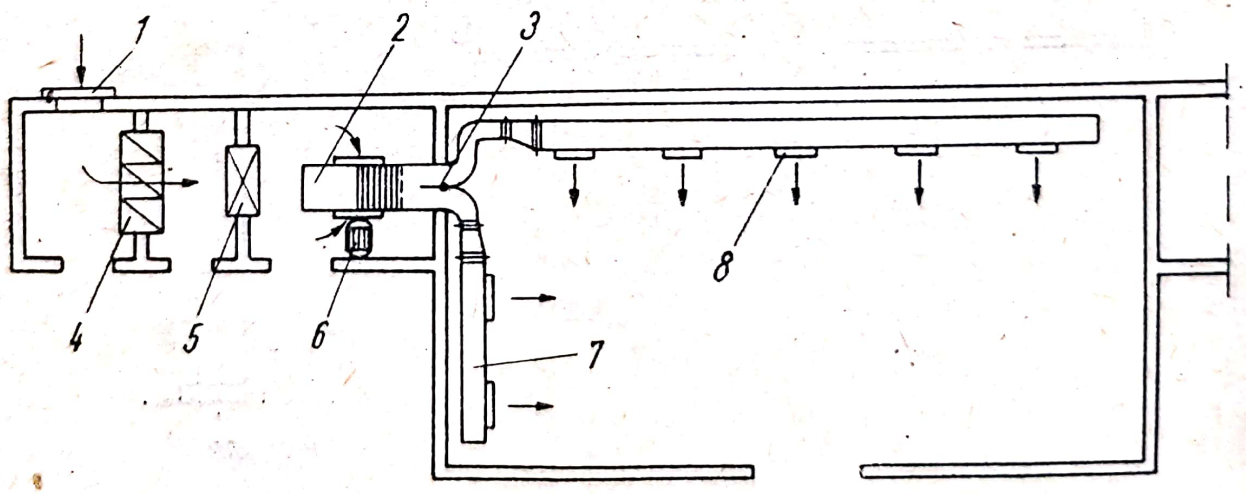


Fig. 1.2. Instalație de ventilare simplă pentru introducerea aerului:
1 — priză de aer proaspăt; *2* — ventilator; *3* — clapetă de reglaj; *4* — filtru de praf; *5* — baterie de încălzire; *6* — motor electric; *7* — conductă de aer; *8* — gură de refulare.

Scanned with OKEN Scanner

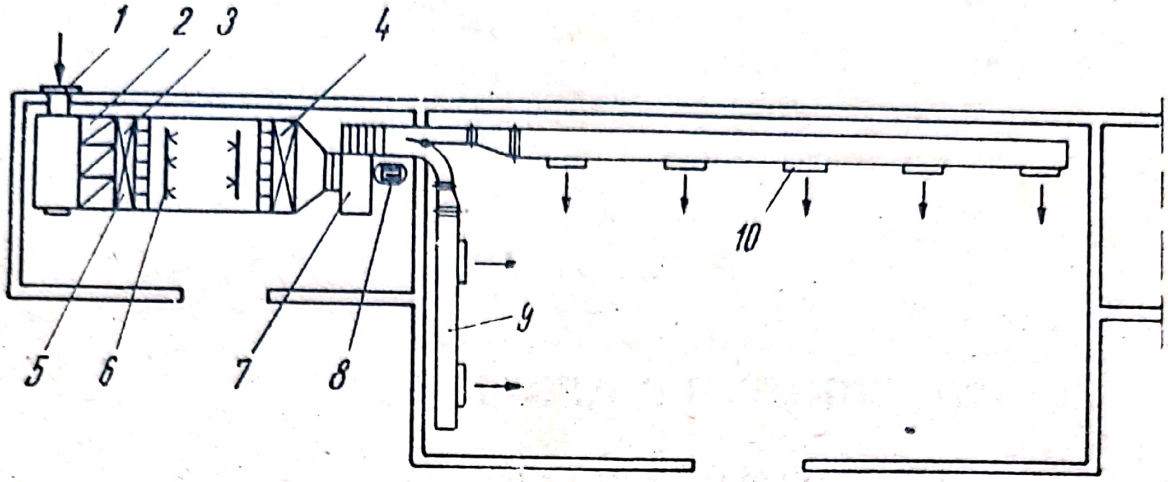


Fig. 1.3. Instalație de condiționare a aerului:
1 — priză de aer ; *2* — filtru de praf ; *3* — baterie de încălzire ; *4* — baterie de răcire ; *5* — aparat de condiționare ; *6* — țevi cu duze de pulverizare a apei ; *7* — ventilator ; *8* — motor electric ; *9* — conductă de aer ; *10* — gură de refulare.

rat de condiționare care stropește aerul cu apă pentru a-l umidifica și îl încălzește sau îl răcește în măsura necesară, în baterii de încălzire sau de răcire (fig. 1.3).

Instalațiile de condiționare sînt deci instalații de ventilare pentru introducerea aerului, avînd aparate speciale pentru tratarea aerului la anumite valori date ale temperaturii și umidității.

Din cele arătate rezultă că, pentru a realiza calitatea aerului în încăperea deservită, toate sistemele de ventilare și condiționare folosesc ca mediu de acțiune tot aerul, pe care fie că îl antrenează din exterior și îl transportă în încăpere, cu sau fără tratare prealabilă, fie că îl aspiră din încăperea viciată și îl elimină în atmosferă.

Pentru a înțelege comportarea aerului în diferitele situații în care acesta este pus să lucreze, trebuie cunoscute proprietățile sale.

Verificarea cunoștințelor

1.1. *Care este obiectul ventilării simple :*
a) *alimentarea încăperilor cu aer proaspăt și eliminarea substanțelor nocive ;*
b) *eliminarea nocivităților și realizarea condițiilor de confort ;*
c) *realizarea condițiilor de confort ?*

1.2. *Prin ce se deosebesc instalațiile de condiționare a aerului de instalațiile de ventilare pentru introducerea aerului :*

a) *introduc aerul în încăperi în mod diferit prin elemente diferite ;*
b) *realizează în încăperi curenți de aer cu viteze mai coborîte ;*
c) *tratează aerul în aparate speciale pentru realizarea în încăperi a unor temperaturi și umidități date ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 2

PROPRIETĂȚILE AERULUI

A. COMPOZIȚIA AERULUI

În tehnica ventilării și condiționării, aerul este considerat ca un amestec de aer atmosferic curat și uscat, cu vapori de apă și cu componenți de impurificare, cum sînt : gaze și vapori ai unor substanțe străine de compoziția aerului atmosferic, praf organic și anorganic, microorganisme.

Aerul atmosferic pur are compoziția chimică indicată în tabela 2.1. Orice modificare în concentrația unui component care are o influență defavorabilă asupra confortului sau calității igienice constituie o acțiune de impurificare.

În natură aerul uscat este întotdeauna amestecat cu vapori de apă. Ca atare, toate procesele de ventilare și condiționare iau în considerație acest amestec denumit aer umed. Proporția de vapori de apă în amestec poate fi mai mare sau mai mică, definind astfel o stare anumită de umiditate a aerului. Procesele de ventilare consideră o proporție invariabilă a vaporilor de apă în aer, deci o stare de umiditate invariabilă.

TABELA 2.1.

Compoziția aerului

Gazele componente	Concentrația procentuală în volume % vol.
Azot	78,09
Oxigen	20,95
Argon	0,93
Bioxid de carbon	0,04
Hidrogen	0,00005
Ozon	0,000001
Neon, heliu, cripton, xenon, radon	Restul

Condiționarea aerului se bazează pe transformarea stării acestuia, deci pe un amestec variabil de aer uscat și vapori de apă.

Conținutul de substanțe străine de compoziția normală a aerului atmosferic umed determină calitatea igienico-sanitară a acestuia. În practică sînt foarte puține cazuri în care aerul să nu conțină aseme-

Scanned with OKEN Scanner

nea substanțe, deoarece activitatea omenească, ca și o serie de fenomene naturale, constituie factori de viciere a atmosferei. *Aerul își poate menține totuși calități igienice superioare, chiar în amestec cu substanțe străine de compoziția sa normală, dacă concentrația acestora este nevătămătoare pentru organismul uman.*

B. PARAMETRII DE STARE AI AERULUI

Starea aerului este definită de următorii parametri fizici : presiune, temperatură, umiditate și conținut de căldură.

1. PRESIUNEA

Presiunea aerului este presiunea exercitată la suprafața Pămîntului de greutatea învelișului atmosferic. Aerul atmosferic fiind un amestec de aer uscat și vapori de apă, conform legii lui Dalton, presiunea atmosferică (barometrică) este

$$B = p_a + p_v, \tag{2.1}$$

unde :

p_a este presiunea parțială a aerului uscat ;
p_v — presiunea parțială a vaporilor de apă.

Presiunea atmosferică variază cu altitudinea și cu temperatura. La nivelul mării și la temperatura de 0°C, presiunea atmosferică exercitată asupra suprafeței libere a mercurului dintr-o cuvă echilibrează presiunea hidrostatică a unei coloane de mercur cu înălțimea de 760 mm (experiența lui Toricelli). Această presiune atmosferică, numită normală, a fost admisă ca unitate de măsură cu denumirea de atmosferă fizică (1 atm = = 760 mm Hg). Unitatea de măsură mm Hg este utilizată în special în meteorologie. În tehnică se folosește ca unitate de măsură pentru presiune Newtonul pe metru pătrat (N/m^2) ; 1 mm Hg = 133,322 N/m^2 rezultă că presiunea atmosferică normală are valoarea $B = 760 \times \times 133{,}322 = 101\,325\ N/m^2 \cong 10^5\ N/m^2$.

Presiunea atmosferică scade cu altitudinea, datorită faptului că greutatea atmosferei se diminuează pe măsură ce crește înălțimea. ■ Presiunea atmosferică se măsoară cu barometre. Acestea sînt aparate care conțin un spațiu închis, complet golit de aer, în care presiunea atmosferică este, ca atare, egală cu zero. Diferitele valori ale presiunii atmosferice sînt măsurate comparativ cu presiunea zero din

Scanned with OKEN Scanner

spațiul vid al barometrului. Aceste aparate indică în consecință valori absolute ale presiunii atmosferice.

■ Pentru măsurarea presiunii aerului din interiorul conductelor și al aparatelor de ventilare se folosesc manometre de aer. Aceste aparate nu indică, ca barometrele, valori absolute ale presiunii (presiuni absolute), ci valori relative (presiuni relative sau manometrice), reprezentînd diferența dintre presiunea interioară și presiunea atmosferică. Pentru a se determina presiunea absolută din interiorul unui aparat cu ajutorul unui manometru este necesar ca la valoarea indicată de acest aparat să se adauge valoarea presiunii atmosferice.

Astfel, dacă cu un manometru montat la o conductă de aer se citește o presiune relativă de 1 000 N/m² și cu un barometru se citește în același timp o presiune atmosferică de 99 991,5 N/m² (750 mm Hg), presiunea absolută din interiorul conductei de aer va fi egală cu 100 991,5 N/m².

În practică, pentru obținerea presiunii absolute, se adaugă la presiunea relativă citită cu manometrul valoarea rotunjită de 10^5 N/m².

Din relația (2.1) se constată că presiunea atmosferică variază cu umiditatea aerului. Cu cît aerul are un conținut mai mare de umiditate, presiunea parțială a vaporilor de apă p_v este mai ridicată. Valoarea maximă a acestei presiuni se atinge cînd aerul este saturat cu vapori de apă.

Presiunea parțială a vaporilor de apă are o semnificație importantă în procesele de condiționare a aerului, pentru că indică gradul de umiditate al aerului.

Aplicație

În practică tuburile barometrice pot avea diferite diametre. Pentru a explica aceasta, să se arate cum variază înălțimea la care se ridică nivelul mercurului într-un tub barometric cu aria A a secțiunii transversale a tubului.

Răspuns. Conform legii lui Pascal, presiunea atmosferică care apasă pe suprafața mercurului din cuva în care este cufundat capătul inferior al tubului barometric se transmite integral coloanei de mercur. Notînd cu h înălțimea la care se ridică mercurul în tub și cu ρ densitatea mercurului, greutatea acestuia va fi $G = \rho h A g$, iar presiunea hidrostatică care echilibrează presiunea atmosferică este $p = B = \frac{G}{A} = \rho h g$. Înălțimea este deci $h = \frac{B}{\rho g}$.

Se observă că la o valoare dată a presiunii atmosferice B și a temperaturii aerului (deci a masei specifice a mercurului) înălțimea h este aceeași indiferent de diametrul tubului barometric.

Scanned with OKEN Scanner

2. TEMPERATURA

Temperatura aerului este parametrul de stare măsurat cu un termometru obișnuit, cu rezervor uscat ; *această temperatură poartă denumirea și de temperatură la termometrul uscat.* În realitate, termometrul indică temperatura mercurului sau alcoolului din rezervor, dar dacă se acordă măsurătorii un interval de timp suficient de mare pentru ca fluidul din rezervor să capete aceeași temperatură cu cea a aerului, se admite că valoarea măsurată este temperatura aerului. Pentru a nu influența citirea, rezervorul termometrului se protejează împotriva radiațiilor termice, care ar putea să-l încălzească. Fără această protecție, temperatura aerului nu se măsoară în vecinătatea unor suprafețe calde sau reci, pentru a nu exista un schimb de căldură între obiectele înconjurătoare și rezervorul termometrului.

Temperatura aerului se notează cu t și se măsoară în sistemul internațional de unități de măsură, în grade Kelvin (°K). Pînă la noi reglementări se admite măsurarea temperaturii și în grade Celsius, între cele două scări existînd relația $t°K = t°C + 273{,}16$.

Dacă rezervorul termometrului se înfășoară într-o pînză subțire și rară îmbibată cu apă și se expune apoi la aer, apa se evaporă, căldura necesară vaporizării fiind extrasă din fluidul care umple rezervorul. În consecință, temperatura mercurului sau alcoolului scade, iar termometrul indică un număr de grade mai mic decît în situația cu rezervorul uscat. *Temperatura astfel citită este denumită temperatura la termometrul umed.*

Stratul de aer de la suprafața pînzei este întotdeauna practic saturat cu vapori de apă. La suprafața pînzei, presiunea parțială a vaporilor de apă are deci valoarea maximă. Aerul ambiant, așa cum s-a arătat mai înainte, are o presiune de vapori mai mare sau mai mică, în funcție de conținutul său de umiditate. Evaporarea apei din pînza care înfășoară rezervorul termometrului este cu atît mai activă cu cît diferența dintre presiunea parțială a vaporilor de la suprafața pînzei și presiunea parțială a vaporilor din aerul ambiant este mai mare, deci cu cît aerul este mai uscat. Pe de altă parte, cu cît evaporarea este mai activă, cu atît cantitatea de căldură extrasă din fluidul care umple rezervorul este mai mare, deci termometrul umed va indica o temperatură mai mică.

Rezultă deci că temperatura la termometrul umed este cu atît mai scăzută, cu cît aerul este mai uscat.

Cînd aerul ambiant este saturat, diferența dintre presiunile parțiale ale vaporilor de apă de la suprafața pînzei și din aer este nulă, evaporarea apei din pînză nu se mai poate produce, iar termometrele umed

Scanned with OKEN Scanner

și uscat indică aceeași valoare a temperaturii aerului. Temperatura la termometru umed are, în această situație, valoarea cea mai ridicată.

Rezultă că temperatura la termometru umed constituie un indice pentru gradul de umiditate al aerului.

3. UMIDITATEA

Umiditatea aerului este determinată de cantitatea de apă pe care o conține sub formă de vapori.

Masa vaporilor de apă conținuți într-un metru cub de aer umed este denumită umiditate absolută.

Pentru ușurința calculelor, în tehnica condiționării aerului se folosește mai frecvent mărimea denumită conținut de umiditate, notată cu x, care este masa vaporilor de apă raportată la 1 kg de aer uscat din amestec.

În mod obișnuit, aerul ambiant este un aer umed nesaturat. El conține o anumită cantitate de vapori de apă care nu pot fi văzuți cu ochiul liber. Dacă aerul umed se menține la o temperatură constantă și se introduce apă sub formă de vapori, aceștia pot rămîne invizibili în aer, pînă la un moment dat. Dincolo de acest moment, orice cantitate de vapori s-ar adăuga, oricît de mică, nu mai poate fi asimilată de aer și rămîne în suspensie sub formă de ceață sau se depune sub formă de picături.

Starea în care se găsește aerul umed care conține cantitatea maximă de vapori invizibili se numește saturație.

Cantitatea de vapori de apă care saturează aerul depinde de temperatura acestuia, și anume este cu atît mai mare cu cît temperatura aerului este mai ridicată.

Astfel, de exemplu, aerul la 20°C se saturează cu o masă de 14,7 g vapori de apă/kg aer uscat, iar aerul la 25°C, cu o masă de vapori de 20 g vapori /kg aer uscat.

Raportul dintre masa vaporilor conținuți într-un metru cub de aer umed la o temperatură oarecare și *masa vaporilor care saturează aerul umed la aceeași temperatură se numește umiditate relativă* și este criteriul cel mai larg utilizat pentru evaluarea umidității aerului.

Întrucît, conform legii lui Dalton, vaporii de apă dintr-un metru cub de amestec ocupă omogen întregul volum, masa vaporilor raportată la 1 m^3 de aer umed reprezintă masa specifică (densitatea) vapo-

Scanned with OKEN Scanner

rilor de aer care pentru o stare de umiditate oarecare se notează cu ρ_v, iar pentru starea de saturație corespunzătoare, cu ρ_s. Deci, umiditatea relativă (exprimată de obicei în procente) este :

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \cdot 100 \ [\%], \tag{2.2}$$

unde ρ_v și ρ_s (kg vapori/m^3 aer umed) reprezintă umidități absolute ; rezultă că *umiditatea relativă se definește prin raportul dintre umiditatea absolută a aerului într-o stare oarecare și umiditatea absolută a aerului saturat, la aceeași temperatură și presiune atmosferică.*

După cum se demonstrează în cele ce urmează, umiditatea relativă se poate defini și ca raportul dintre presiunile parțiale ale vaporilor de apă din aerul umed într-o stare oarecare și din aerul în starea de saturație corespunzătoare (la aceeași temperatură și presiune atmosferică).

Aplicînd legea gazelor perfecte pentru vaporii de apă din aerul umed, se poate scrie :

$$pV = \frac{m}{M_v} RT \quad \text{sau} \quad p = \frac{m}{V} \frac{1}{M_v} RT = \frac{\rho}{M_v} RT,$$

unde :

p este presiunea parțială a vaporilor de apă ;
V — volumul ocupat de vaporii de apă ;
m — masa vaporilor de apă ;
M_v — masă moleculară a vaporilor de apă ;
R — constanta universală a gazelor ;
T — temperatura absolută a vaporilor de apă (egală cu cea a aerului umed) ;
ρ — densitatea vaporilor de apă în aerul umed.

Pentru aerul umed într-o stare oarecare, cu o presiune parțială a vaporilor p_v și o densitate de vapori ρ_v, legea de mai înainte se scrie

$$p_v = \frac{\rho_v}{M_v} RT,$$

iar pentru starea de saturație,

$$p_s = \frac{\rho_s}{M_v} RT.$$

Împărțind ultimele două ecuații și ținînd seama de expresia (2.2), se obține :

$$\varphi = \frac{p_v}{p_s} = \frac{\rho_v}{\rho_s}. \tag{2.3}$$

Scanned with OKEN Scanner

În practica curentă se face uz, în special, de această relație. Se consideră un volum dat de aer la o temperatură oarecare t și cu o umiditate relativă $\varphi < 100\%$, care conține o anumită masă de vapori de apă m_v. La aceeași presiune barometrică se menține temperatura aerului constantă și se introduc vapori de apă. Fie m_s masa vaporilor care a trebuit introdusă pentru a satura aerul la temperatura t. Se încălzește aerul de la t la t_1. Această temperatură fiind mai ridicată, aerul saturat în starea inițială devine nesaturat, trebuindu-i în noua stare o masă de vapori $m_{s1} > m_s$ pentru a se satura din nou.

Invers, dacă se ia un volum de aer umed nesaturat la temperatura t și se răcește treptat fără să i se adauge vapori, se ajunge la un moment dat la o temperatură t_r la care aerul devine saturat, deoarece pe măsură ce scade temperatura aerului, scade și masa de vapori care saturează aerul. *Această temperatură corespunzătoare stării de saturație la care se ajunge prin răcirea aerului se numește temperatură la punctul de rouă sau, prescurtat, punct de rouă.*

O scădere cît de mică a temperaturii aerului sub punctul de rouă lasă în exces în aer o masă de vapori sub formă de ceață sau, prin condensarea acestora, sub formă de picături de apă (rouă).

4. ENTALPIA

Entalpia aerului umed este suma cantităților de căldură conținute în aerul uscat și în vaporii de apă.

Se cunosc din fizică :

— căldura specifică la presiune constantă (10^5 N/m²) a aerului uscat $c_{pa} = 1$ kJ/kg·°K și a vaporilor de apă $c_{p_v} = 1{,}84$ kJ/kg·°K ;

— căldura latentă de vaporizare a apei $r_0 = 2\,500$ kJ/kg.

Se consideră un volum de aer umed în care masa aerului uscat este de 1 kg, iar masa vaporilor de apă este egală cu x kg. Masa totală a volumului considerat va fi $m = (1 + x)$ kg, iar entalpia sa :

$$I = i_a + x i_v \text{ [kJ/kg]}.$$

La temperatura t,

$$i_a = c_{p_a} t = t \text{ [kJ/kg]} ; \; i_v = c_{p_v} t + r_0 = 1{,}84\ t + 2\,500 \text{ [kJ/kg]},$$

iar

$$I = t + x(1{,}84\ t + 2\,500) \text{ [kJ/kg]}. \qquad (2.4)$$

Aceasta este ecuația entalpiei aerului umed care servește la soluționarea tuturor problemelor de condiționare a aerului.

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea cunoștințelor

2.1. *Parametrii fizici care definesc starea aerului sînt :*

a) *temperatura ;*
b) *presiunea ;*
c) *umiditatea ;*
d) *conținutul de căldură ;*
e) *densitatea ;*
f) *căldura specifică ;*
g) *concentrația de substanțe nocive în aer?*

2.2. *Unitatea de măsură pentru presiune în SI este :*

a) N/m^2 ;
b) *mm Hg ;*
c) *atm ?*

2.3. *Înălțimea coloanei de mercur într-un tub barometric variază cu diametrul tubului :*

a) *direct proporțional ;*
b) *invers proporțional ;*
c) *nu variază ?*

2.4. *Diferența dintre temperaturile la termometrul uscat și umed este cu atît mai mare cu cît aerul este :*

a) *mai uscat ;*
b) *mai umed ;*
c) *nu depinde de starea de umezeală a aerului ?*

2.5. *Cînd aerul umed este saturat, termometrul umed arată, față de termometru uscat, o temperatură :*

a) *mai mare ;*
b) *mai mică ;*
c) *egală ?*

2.6. *Umiditatea absolută reprezintă masa vaporilor de apă conținuți în :*

a) *1* m^3 *aer umed ;*
b) *1 kg aer umed ;*
c) *un amestec care are 1 kg aer uscat ?*

2.7. *Conținutul în umiditate reprezintă masa vaporilor de apă conținuți în :*

a) *1* m^3 *aer umed ;*
b) *1 kg aer umed ;*
c) *un amestec care are 1 kg aer uscat ?*

2.8. *Aerul umed saturat mai poate primi vapori de apă ?*

a) *da ;*
b) *nu ;*
c) *cum ?*

2.9. *Umiditatea relativă este raportul :*

a) ρ_v/ρ_s ;
b) x_v/x_s ;
c) p_v/p_s ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 3

PRINCIPII DE CONFORT. BAZELE IGIENICE ALE VENTILĂRII

Calitatea și caracteristicile mediului ambiant au o influență hotărîtoare asupra condițiilor de trai și de muncă ale oamenilor.

La nivelul actual al dezvoltării societății omenești, există cerințe bine determinate de calitate a mediului în încăperile locuințelor, social-culturale și de lucru, care urmăresc să asigure confortul termic și condițiile igienice necesare. Ansamblul condițiilor de stare fizică și de calitate igienică a aerului din interiorul încăperilor este denumit *microclimat*. Parametrii care definesc microclimatul sînt : temperatura aerului și a obiectelor din încăpere, inclusiv a pereților ; umiditatea aerului ; viteza curenților de aer din încăpere ; concentrația substanțelor nocive în aerul încăperilor. În scopul stabilirii unui microclimat favorabil oamenilor, valorile acestor parametri se stabilesc ținînd seama de necesitățile organismului uman, care depind, în mare măsură, de felul activității desfășurate. Menținerea la valorile prescrise ale microclimatului depinde însă de doi factori : condițiile climatice exterioare și variațiile lor ; natura și volumul degajărilor nocive produse de activitatea oamenilor din încăperi.

Instalațiile de ventilare și condiționare a aerului, care au rolul de a asigura microclimatul, trebuie să țină deci seama de următoarele elemente de bază : relațiile dintre organismul uman și mediul ambiant ; efectele climei și variației ei asupra microclimatului ; condițiile realizării unui mediu ambiant igienic.

Scanned with OKEN Scanner

A. SCHIMBUL DE CĂLDURĂ DINTRE OM ȘI MEDIU

1. CĂLDURA INTERNĂ PRODUSĂ DE ORGANISMUL OMENESC

Prin arderea alimentelor, în corpul omenesc se produce o cantitate de căldură care servește la menținerea constantă a temperaturii interne a corpului. Valoarea acestei cantități de căldură depinde în mod esențial de intensitatea efortului desfășurat de om și de temperatura mediului care îl înconjură.

Astfel, organismul unui om așezat pe scaun, în repaus, produce un flux termic de 116 W ; lucrînd la birou, de 150 W ; în picioare, efectuînd o muncă ușoară, de 186 W ; în picioare, efectuînd o muncă moderată, de la 192 pînă la 290 W ; efectuînd o muncă grea, pînă la 585 W.

În ceea ce privește variația cantității de căldură produsă de organism cu temperatura mediului, s-a constatat că corpul omenesc produce mai multă căldură într-un mediu rece decît într-unul cald, ca urmare a tensiunii și activității musculare create de tremurat.

2. PIERDERILE DE CĂLDURĂ ALE CORPULUI OMENESC

În funcție de condițiile de mediu, precum și de felul activității duse de om, o parte sau toată căldura produsă de corpul omenesc se transmite către aerul cu care vine în contact.

Cantitatea de căldură pierdută de corp dă senzația de căldură sau de frig, astfel : dacă pierderea de căldură este mai mică decît cantitatea de căldură produsă de organism, omul are senzația de căldură ; invers, cînd corpul pierde mai multă căldură decît produce, există senzația de frig.

Corpul omenesc pierde căldura pe două căi, și anume : căldură sensibilă, prin convecție și radiație, și căldură latentă, prin evaporarea apei.

Factorii de mediu care influențează cantitatea de căldură pierdută de corp sînt : temperatura, umiditatea, viteza de mișcare a aerului, precum și temperatura pereților și a obiectelor înconjurătoare.

Cu toate că temperatura internă a corpului rămîne constantă la valoarea de 37°C, temperatura pielii variază în funcție de factorii de mediu menționați. Pierderea de căldură a corpului este în relație strînsă cu temperatura pielii, deoarece prin intermediul acesteia se produce schimbul de căldură dintre corpul omenesc și mediu.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderea căldurii sensibile și latente a corpului omenesc se face, în mod obișnuit, simultan. Prin piele, căldura trece către mediul ambiant prin convecție și radiație, iar prin expirație și prin evaporarea transpirației, se elimină căldura latentă de vaporizare a apei de pe suprafața pielii și a aparatului respirator.

■ La temperaturi coborîte, corpul pierde mai multă căldură sensibilă și mai puțină căldură latentă, care se limitează aproape numai la cea pierdută prin respirație. La temperaturile obișnuite ale încăperilor, degajarea căldurii sensibile de la piele către aerul ambiant continuă să predomine.

La temperatura de aproximativ 20°C, cei mai mulți oameni pierd căldură sensibilă într-o astfel de măsură încît realizează senzația de confort.

Căldura sensibilă este direct proporțională cu diferența de temperatură dintre piele și mediu. Cu cît temperatura aerului crește, diferența dintre temperatura pielii și a aerului se micșorează și, prin urmare, scade și cantitatea de căldură sensibilă pierdută de corp. În schimb, cantitatea de căldură latentă pierdută de corp se mărește, deoarece, odată cu creșterea temperaturii, pe suprafața pielii apare transpirația pentru evaporarea căreia corpul procură căldura latentă necesară.

■ Umiditatea relativă a aerului nu are influență asupra pierderii de căldură sensibilă a corpului, ci numai asupra pierderii de căldură latentă.

Cu cît umiditatea relativă este mai mică, evaporarea transpirației de la suprafața pielii este mai activă și, ca atare, pierderea de căldură latentă, mai mare.

■ Viteza curenților de aer care scaldă corpul omenesc are o influență substanțială atît asupra pierderii de căldură sensibile cît și a celei latente.

Căldura pierdută de corp prin convecție crește mult cu mărirea vitezei de mișcare a aerului, datorită majorării coeficientului de trecere a căldurii prin convecție. Căldura latentă cedată de corp mediului crește, de asemenea, cu viteza aerului, datorită evaporării de pe suprafața pielii, care este cu atît mai mare, cu cît viteza aerului are o valoare mai ridicată.

În ambianțele reci, o viteză mare a aerului creează senzații acute de neconfort, datorită accelerării pierderilor de căldură prin convecție, care poate duce chiar pînă la scăderea temperaturii interne a corpului. În schimb, în mediile fierbinți și umede, corpul nu poate pierde decît prea puțină căldură sensibilă și latentă, existînd astfel riscul unei supraîncălziri a corpului. În acest caz, creșterea vitezei aerului reprezintă singura măsură pentru restabilirea confortului, deoarece accelerează ambele pierderi de căldură ; condiția este însă ca temperatura aerului în mișcare să nu fie mai mare decît temperatura pielii, deoarece, în caz contrar, corpul omenesc ar primi căldură de la mediu și încă cu atît mai mare, cu cît viteza aerului ar fi mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

3. BILANȚUL TERMIC ÎNTRE CORPUL OMENESC ȘI MEDIU

Instalațiile de condiționare a aerului trebuie să creeze condiții de mediu care să mențină corpul la o temperatură practic constantă.

Temperatura corpului depinde integral de bilanțul dintre cantitățile de căldură produse și pierdute de organism. În funcție de natura activității desfășurate de om și de factorii de mediu, aceste două cantități de căldură pot sta în raporturi diferite.

Cînd acest raport este egal cu umiditatea, căldura produsă de corp este egală cu cea pierdută, iar corpul, în echilibru termic, își menține neschimbată temperatura internă.

În aer liniștit, cu temperatura cuprinsă între 27 și 30°C, există pentru organismul unui om dezbrăcat, în repaus, un punct neutru, la care corpul său nu trebuie să acționeze în nici un fel pentru a-și menține echilibrul termic. Dacă condițiile de echilibru se modifică, corpul omenesc are posibilitatea să-și restabilească echilibrul termic necesar fiziologic în orice situație.

■ Astfel, dacă temperatura aerului scade sau viteza curenților de aer crește, pierderea de căldură de la piele către mediu se majorează. Corpul reacționează împotriva acestei pierderi prin diminuarea circulației sanguine la nivelul pielii, ceea ce reduce temperatura acesteia. În acest mod, scade diferența dintre temperatura pielii și cea a aerului și, în consecință, pierderea de căldură se micșorează pînă ce egalează din nou metabolismul.

Această capacitate de reglare termică a corpului este însă limitată. Domeniul condițiilor exterioare în care corpul poate efectua aceasta este cunoscut sub denumirea de *zona reglării vaso-motoare împotriva frigului*. În afara acestui domeniu, temperatura țesuturilor superficiale scade în continuare și, dacă corpul nu ar reacționa, temperatura internă ar fi afectată. Organismul uman majorează însă cantitatea de căldură pe care o produce, prin creșterea tensiunii musculare, manifestată prin tremurat sau intensificare spontană a activității. Domeniul în care au loc aceste condiții este cunoscut sub denumirea de *zona reglării metabolice împotriva frigului*. Dincolo de acest domeniu, corpul intră în *zona răcirii inevitabile a organismului*, în care temperatura internă începe să scadă, ceea ce poate provoca tulburări fiziologice grave, pînă la moarte.

■ Dacă temperatura aerului crește față de cea corespunzătoare punctului neutru, căldura pierdută prin piele este mai mare decît cea produsă, iar corpul își restabilește echilibrul termic în așa-numita *zonă a reglării vaso-motoare împotriva căldurii* prin intensificarea circulației sanguine la nivelul pielii. Aceasta duce la mărirea temperaturii pielii,

Scanned with OKEN Scanner

la diminuarea diferenței de temperatură dintre piele și mediu și, astfel, la micșorarea pierderii de căldură. Corpul uman are posibilitatea de a reacționa în acest mod numai pînă cînd temperatura la suprafața pielii se găsește cu maximum 1,7°C sub cea a țesuturilor mai profunde. Dincolo de această zonă, dacă temperatura aerului continuă să crească, corpul nu mai poate pierde căldură prin mijloacele obișnuite și recurge la un alt mijloc de a reacționa împotriva supraîncălzirii interne, și anume își intensifică activitatea glandelor sudoripare, cedînd către mediu căldura înmagazinată în vaporii rezultați prin evaporarea apei produse pe suprafața pielii. Cît timp evaporarea este capabilă să restabilească echilibrul termic pe această cale, corpul se găsește în *zona reglării prin evaporare împotriva căldurii*. Dacă nici evaporarea nu mai constituie o măsură suficientă, corpul intră în zona supraîncălzirii inevitabile a organismului, ceea ce poate aduce moartea.

B. CONDIȚII DE CONFORT

În anumite condiții ale mediului, corpul omului realizează echilibrul termic fără efort. Aceste condiții sînt denumite condiții de „confort".

Stabilirea unor valori cu caracter general pentru condițiile de confort nu este posibilă, deoarece senzația de confort depinde de un mare număr de factori variabili nu numai de la o regiune climatică la alta, dar și de la o persoană la alta, în cadrul aceleiași regiuni.

S-a stabilit astfel că senzația de confort este afectată, în afară de factorii de mediu (temperatură, viteză, umiditatea aerului și radiația de căldură), de temperatura și natura pardoselilor, de variația temperaturii pe înălțimea încăperilor, de senzația de prospețime a aerului, de felul îmbrăcămintii, activității musculare și nutriției, de vîrstă, sex, constituție generală a corpului, aclimatizare etc.

De aceea s-au stabilit date medii care convin majorității persoanelor din încăperile ventilate și care se adoptă ca baze pentru realizarea instalațiilor.

1. TEMPERATURA DE CONFORT

Factorul hotărîtor pentru senzația de confort este temperatura aerului.

Temperatura de confort se realizează atunci cînd corpul omului se găsește, fără nici un efort, în echilibru termic cu mediul ambiant.

În situația în care ceilalți factori ai senzației de confort au valori corespunzătoare, pot fi admise următoarele temperaturi de confort: pentru muncă ușoară 18°C, pentru muncă statică 19...20°C, iar pentru

Scanned with OKEN Scanner

la diminuarea diferenței de temperatură dintre piele și mediu și, astfel, la micșorarea pierderii de căldură. Corpul uman are posibilitatea de a reacționa în acest mod numai pînă cînd temperatura la suprafața pielii se găsește cu maximum 1,7°C sub cea a țesuturilor mai profunde. Dincolo de această zonă, dacă temperatura aerului continuă să crească, corpul nu mai poate pierde căldură prin mijloacele obișnuite și recurge la un alt mijloc de a reacționa împotriva supraîncălzirii interne, și anume își intensifică activitatea glandelor sudoripare, cedînd către mediu căldura înmagazinată în vaporii rezultați prin evaporarea apei produse pe suprafața pielii. Cît timp evaporarea este capabilă să restabilească echilibrul termic pe această cale, corpul se găsește în *zona reglării prin evaporare împotriva căldurii*. Dacă nici evaporarea nu mai constituie o măsură suficientă, corpul intră în zona supraîncălzirii inevitabile a organismului, ceea ce poate aduce moartea.

B. CONDIȚII DE CONFORT

În anumite condiții ale mediului, corpul omului realizează echilibrul termic fără efort. Aceste condiții sînt denumite condiții de „confort".

Stabilirea unor valori cu caracter general pentru condițiile de confort nu este posibilă, deoarece senzația de confort depinde de un mare număr de factori variabili nu numai de la o regiune climatică la alta, dar și de la o persoană la alta, în cadrul aceleiași regiuni.

S-a stabilit astfel că senzația de confort este afectată, în afară de factorii de mediu (temperatură, viteză, umiditatea aerului și radiația de căldură), de temperatura și natura pardoselilor, de variația temperaturii pe înălțimea încăperilor, de senzația de prospețime a aerului, de felul îmbrăcămintii, activității musculare și nutriției, de vîrstă, sex, constituție generală a corpului, aclimatizare etc.

De aceea s-au stabilit date medii care convin majorității persoanelor din încăperile ventilate și care se adoptă ca baze pentru realizarea instalațiilor.

1. TEMPERATURA DE CONFORT

Factorul hotărîtor pentru senzația de confort este temperatura aerului.

Temperatura de confort se realizează atunci cînd corpul omului se găsește, fără nici un efort, în echilibru termic cu mediul ambiant.

În situația în care ceilalți factori ai senzației de confort au valori corespunzătoare, pot fi admise următoarele temperaturi de confort: pentru muncă ușoară 18°C, pentru muncă statică 19...20°C, iar pentru

Scanned with OKEN Scanner

muncă grea 10°C. Aceste temperaturi corespund la ceea ce fiziologii denumesc neutralitate termică, adică absența eforturilor organismului pentru adaptarea sa la mediu.

Un aspect important al temperaturii de confort este constituit de variația temperaturii pe înălțimea încăperii. Pentru confort aerul trebuie să fie mai cald la nivelul pardoselii ; temperatura trebuie să scadă către tavan sau acoperiș. Diferența dintre temperaturile aerului la nivelul capului și al picioarelor trebuie însă să fie de cel mult 2,5°C.

2. VITEZA DE CONFORT

Instalațiile de ventilare moderne trebuie să creeze o mișcare de aer adecvată, dar nu excesivă.

Aerul trebuie să aibă o anumită viteză, pentru a crea condiții plăcute și pentru a se evita senzația de înnăbușeală ce se încearcă într-o atmosferă stagnantă, sau pentru a nu da naștere la curenți neplăcuți.

La temperatura aerului de 18°C, dacă viteza aerului este mai mică decît aproximativ 0,075 m/s, atmosfera pare înnăbușitoare, îmbîcsită, iar la viteze ale aerului mai mari de 0,2 m/s, pot avea loc curenți supărători de aer.

În anotimpurile calde, mișcări abia percepute ale aerului pot fi convenabile pentru confort, dar chiar la temperatura destul de ridicată de 30°C, o viteză a aerului mai mare de 0,6 m/s poate crea senzația neplăcută de curent. *Omul poate suporta viteze ale aerului cu atît mai mari, cu cît temperatura mediului este mai ridicată. Aceasta este valabil pînă la temperaturi ale aerului ambiant de 37°C.* Peste aceste temperaturi, corpul omenesc primește căldura de la mediu și orice deplasare a aerului mărește senzația de inconfort, deoarece duce la majorarea cantității de căldură transmise organismului.

Instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului trebuie astfel proiectate încît producerea curenților de aer să fie mai redusă în zona pardoselilor, deoarece aceștia sînt mai supărători la nivelul picioarelor decît al capului.

3. UMIDITATEA RELATIVĂ DE CONFORT

Din toate încercările făcute asupra senzației de confort rezultă că oamenii sesizează mai repede schimbări în temperatura aerului decît în umiditatea lui.

În general, la temperaturile obișnuite ale aerului, influența umidității asupra confortului este mai mică. Efectul umidității crește însă repede cu temperatura aerului.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, aerul umed saturat la 32,5°C produce aceeași senzație, după adaptare, ca aerul uscat la 40°C. În condiții corespunzătoare de temperatură, umiditatea relativă de confort acoperă o zonă largă, de la 30 la 70%.

C. CALITATEA AERULUI. BAZELE IGIENICE ALE VENTILĂRII

Tehnica ventilării și condiționării aerului urmărește menținerea, în interiorul spațiilor ventilate, a unui aer pur, cu compoziție atmosferică normală, ceea ce în practică nu poate fi realizat aproape niciodată, deoarece în orice încăpere, cu caracter industrial, social-cultural, comercial sau de locuință, au loc, într-o măsură mai mare sau mai mică, degajări de substanțe străine de compoziția normală a aerului, care îi reduc calitatea prin vicierea lui cu aceste substanțe. Din această cauză, condiția de asigurare a calității aerului este constituită de menținerea în aer a unor concentrații de substanțe nocive care să nu pună în primejdie sănătatea oamenilor și să nu creeze senzații de inconfort.

Punctul de plecare pentru stabilirea concentrațiilor limită admisibile a fost constituit de constatarea că organismul uman poate să tolereze cantități mici de orice substanțe toxice, fără pericol de îmbolnăvire. Procesele fiziologice de autoapărare, eliminare și respirație, acționează cu intensitate mai mare decît efectele distructive ale substanțelor toxice, dacă acestea atacă organismul în cantități mai mici decît limita de toleranță. Cantitățile minime suportate de organismul uman variază în limite largi, în funcție de natura substanței, de caracterul ei toxic și de mecanismul acțiunii agresive.

Un om, în timpul unei zile de lucru, inspiră o cantitate medie de aer de 10 m^3. Cunoașterea acestei cifre, precum și a dozei zilnice nepericuloase de substanță nocivă ce poate fi inhalată, a dat posibilitatea determinării concentrației limită admisibilă pentru substanța respectivă. Astfel, dacă doza zilnică permisă este de 10 mg, concentrația limită admisibilă pentru substanța respectivă este :

$$\frac{10 \text{ mg/zi}}{10 \text{ m}^3 \text{ aer/zi}} = 1 \text{ mg/m}^3 \text{ aer.}$$

Pentru alegerea și dimensionarea unei instalații de ventilare este necesar să se cunoască : natura degajării nocive, cantitatea de nocivități degajate și modul de generare a acestora.

După natura lor, degajările nocive se împart în : praf, fum, gaze, vapori, căldură și umiditate (vapori de apă).

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea cunoștințelor

3.1. *Parametrii care definesc microclimatul sînt :*
a) *temperatura aerului ;*
b) *temperatura obiectelor din încăpere și a pereților ;*
c) *umiditatea aerului ;*
d) *viteza curenților de aer ;*
e) *concentrația substanțelor nocive în aerul încăperii ;*
f) *densitatea aerului ;*
g) *căldura specifică a aerului ;*
h) *presiunea aerului ?*

3.2. *Senzația de frig sau de căldură depinde de :*
a) *temperatura aerului înconjurător ;*
b) *temperatura pielii ;*
c) *cantitatea de căldură pierdută de corpul omenesc în raport cu metabolismul ?*

3.3. *În aer rece corpul omenesc pierde căldură :*
a) *mai multă decît în aer cald ;*
b) *mai puțină decît în aer cald ;*
c) *care este explicația ?*

3.4. *Senzația de confort se realizează cînd, față de căldura produsă de organism, acesta pierde căldură :*
a) *mai multă ;*
b) *mai puțină ;*
c) *egală ?*

3.5. *Bioxidul de carbon este un gaz component al aerului atmosferic ; poate deveni substanță nocivă ?*
a) *da ;*
b) *nu ;*
c) *în ce condiții ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 4

DEGAJĂRI NOCIVE

A. GAZELE ȘI VAPORII

Gazele sînt fluide fără formă care, la temperaturile și presiunile obișnuite, tind să ocupe, complet și uniform, spațiul în care se găsesc.

Vaporii constituie faza gazoasă a substanțelor care, în starea obișnuită și la temperaturile obișnuite, sînt sub formă de lichide sau, uneori, solide ; exemple de asemenea substanțe sînt solvenții industriali, benzina, benzenul, mercurul etc.

Ceața este un amestec de vapori cu picături fine de lichid în suspensie.

Dintre proprietățile gazelor și vaporilor, cele care prezintă interes în tehnica ventilării sînt legate de : efectele pe care le au asupra organismului omenesc (proprietăți toxice, iritante, olfactive etc.), pericolul de aprindere și explozie (punct de aprindere, domeniul de concentrații periculoase etc.), precum și de caracterul împrăștierii lor în spațiu.

1. PROPRIETĂȚI FIZIOLOGICE

Gazele și vaporii au efecte diferite asupra organismului omenesc, în funcție de natura lor, de concentrație și de durata expunerii. Unele substanțe produc intoxicări acute chiar la durate scurte de expunere, altele produc intoxicări cronice, iar altele sînt iritante sau numai rău mirositoare. Aceste proprietăți ale gazelor și vaporilor prezintă un interes deosebit în practica ventilării, deoarece mărimea instalațiilor, precum și cantitățile de aer de ventilare necesare se stabilesc, în marea majoritate a cazurilor, în funcție de agresivitatea acestor substanțe față de organism.

Unul dintre gazele cele mai periculoase pentru organism este *oxidul de carbon* produs de procesele de ardere incompletă. Pericolul de intoxicare cu oxid de carbon este agravat de faptul că acest gaz este

Scanned with OKEN Scanner

incolor, inodor, nu irită ochii și nici mucoasele căilor respiratorii, ceea ce face ca prezența sa în aer să treacă neobservată.

Bioxidul de carbon, de asemenea nedetectabil, este mai puțin periculos, dar în concentrații foarte mari produce asfixieri fulgerătoare.

Amoniacul, *clorul*, *acidul clorhidric*, *bioxidul de sulf*, care fac parte din categoria gazelor des întîlnite în procesele industriale, sînt detectabile, de aceea măsurile împotriva acțiunii lor iritante sau toxice sînt mai ușor de stabilit.

Alte gaze, cum sînt oxizii de azot produși în timpul operațiilor de sudură electrică, deși se observă vizual, sînt deseori desconsiderate, datorită faptului că nu afectează imediat căile respiratorii. Aceste gaze sînt însă deosebit de periculoase și îndreptățesc cele mai severe măsuri pentru combaterea lor.

În țara noastră, protecția oamenilor împotriva gazelor și a vaporilor degajați în zona de lucru de către procesele tehnologice este asigurată prin instalațiile de ventilare realizate în toate întreprinderile din țară, în conformitate cu prescripțiile normelor republicane de protecție a muncii. Una din principalele prescripții ale acestor norme indică valorile pentru concentrația maximă admisibilă a gazelor și vaporilor diferitelor substanțe în atmosfera zonei de lucru. Realizarea unor valori ale concentrațiilor sub limita maximă admisă constituie o condiție obligatorie pentru toate instalațiile de ventilare.

2. GAZE ȘI VAPORI INFLAMABILI

Un număr mare de procese industriale sînt însoțite de degajări de gaze și vapori a căror aprindere poate da naștere la incendii sau la explozii cu efecte grave. Exemple de asemenea procese sînt : vopsirea cu lacuri și emailuri, curățarea chimică a articolelor de îmbrăcăminte, tratarea apelor uzate, procesele din garajele de automobile etc.

Aprinderea gazelor și vaporilor are loc cînd sînt îndeplinite simultan următoarele condiții : concentrația substanței inflamabile în aer este cuprinsă între anumite limite specifice substanței respective ; amestecul de aer cu gaze sau vapori are o anumită temperatură ; se produce o scînteie care aprinde amestecul.

În ceea ce privește concentrația, amestecul dintre aer și o substanță inflamabilă oarecare este periculos, din punctul de vedere al aprinderii, numai dacă aerul se găsește în amestec într-o cantitate corespunzătoare. Sub o anumită valoare a concentrației (concentrație minimă), precum și peste o anumită valoare a concentrației (concentrație maximă), aprinderea nu se poate produce. Astfel, de exemplu pentru acetonă, o concentrație a acesteia în aer mai mică de 2,5% (în volume) nu formează un amestec exploziv. Tot așa, o concentrație de vapori de acetonă

Scanned with OKEN Scanner

în aer mai mare de 12,8% este, de asemenea, nepericuloasă. În schimb, orice concentrație cuprinsă între valorile 2,5 și 12,8%, dacă și celelalte condiții de aprindere sînt îndeplinite, poate da naștere la accidente.

Pentru ca un amestec inflamabil de gaze sau de vapori și aer să se aprindă, este suficient ca scînteia să se producă în orice parte a amestecului. Viteza mare de aprindere a acestor amestecuri provoacă o creștere bruscă a temperaturii și presiunii în încăpere, cu efecte distrugătoare.

Ca și concentrațiile igienice, concentrațiile limită (superioară și inferioară) pentru toate substanțele inflamabile care pot fi utilizate în practică sînt specificate în normele republicane de protecție a muncii.

3. MIȘCAREA GAZELOR ȘI VAPORILOR

Modul în care se împrăștie gazele și vaporii într-o încăpere trebuie cunoscut, pentru a se putea stabili poziția de amplasare a gurilor de aspirație, precum și sensul care trebuie dat curenților de aer astfel încît aceștia să antreneze substanțele nocive către gurile de aspirație.

Mișcarea gazelor și vaporilor în aer se poate datora următoarelor cauze fizice : difuziunea moleculară, viteza cu care procesele de generare introduc gazele și vaporii în mediul ambiant, densitatea, acțiunea gravitației și curenții de aer din încăpere.

Fenomenul de difuziune moleculară imprimă gazelor și vaporilor o mișcare atît de lentă încît practic poate fi neglijată. Acest fenomen prezintă însă importanță deoarece contribuie, alături de curenții de aer, la împrăștierea substanțelor nocive în întregul volum al unei încăperi, chiar dacă sursa de degajare se găsește numai într-un singur punct al acesteia.

Viteza de pătrundere a gazelor și vaporilor în aerul încăperii depinde de caracterul procesului care generează aceste substanțe. Astfel, prin neetanșeitățile unor conducte sau recipiente sub presiune, gazele pot scăpa, în general, cu viteze mari, în funcție de presiunea din interiorul acestora, de dimensiunea și de forma neetanșeităților ; vaporii formați prin evaporarea apei sau a substanțelor volatile pătrund însă în aer cu viteză redusă și se împrăștie lent în încăpere.

Densitatea gazelor și vaporilor are, în general, un efect practic neînsemnat asupra mișcării acestora.

Substanțele se amestecă repede cu aerul, iar amestecul format, conținînd în general cantități mici de substanță față de volumul de aer, are o densitate foarte apropiată de cea a mediului ambiant și ca atare are o mișcare nesesizabilă.

Același fenomen se produce și în ceea ce privește căderea substanțelor mai grele decît aerul spre pardoseală, sub efectul gravitației.

Scanned with OKEN Scanner

Amestecul de gaze sau vapori cu aerul este numai cu puțin mai greu decît mediul ambiant și are numai tendințe slabe de a cădea spre pardoseală.

Toate acestea duc la cîteva concluzii importante pentru tehnica ventilării, și anume :
— în încăperile fără degajări de căldură, volumul încăperilor este umplut numai parțial de substanțele degajate. Gurile de aspirație pot fi amplasate cu aceeași eficacitate fie la partea superioară, fie la cea inferioară a acestor încăperi ;
— viteza de împrăștiere a substanțelor fiind în general foarte mică, particulele nocive pot fi antrenate și dirijate spre gurile de aspirație de către curenți de aer cu viteză foarte redusă ; în practică s-a verificat că un curent de aer cu o viteză de 0,05 m/s și chiar mai mică poate antrena orice gaz sau vapori.

În încăperile cu degajări de căldură, sursele termice pun în mișcare aerul aflat deasupra lor, deoarece îi reduc densitatea prin încălzire. Curenții de aer care se formează se numesc curenți de convecție. Cum sensul acestor curenți este ascendent, dacă în încăpere se găsesc substanțe sub formă de gaze sau de vapori, acestea vor fi antrenate de curenții de convecție și acumulate la partea superioară a încăperii.

În afară de curenții de convecție, practic, în orice încăpere se produc mișcări ale aerului provocate de infiltrațiile de aer prin ferestre și uși, deplasarea oamenilor, transportul materialelor, mișcarea elementelor mobile ale utilajelor, transmisiile prin roți și curele etc. Întrucît valorile cele mai mici ale acestor curenți de aer sînt suficiente pentru a realiza antrenarea gazelor și vaporilor, se constată că mișcarea acestora depinde în mod esențial de curenții din încăperi și în foarte mică măsură de alte cauze.

B. PRAFUL ȘI FUMUL

În tehnica ventilării, prin praf și fum se înțeleg sisteme de particule solide dispersate și suspendate în aer un timp oarecare sau purtate de curenții de aer.
Praful și fumul se deosebesc prin natura procesului care le-a generat, precum și prin dimensiunile particulelor componente.

■ *Praful* este alcătuit din particule care au dimensiuni mai mici de 100 microni și rezultă întotdeauna în urma unor procese mecanice cum sînt : concasarea, polizarea, șlefuirea, perforarea, transportul, încărcarea și descărcarea materialelor, cernerea etc. Natura prafului poate fi minerală (roci, metale, nisip etc.), vegetală (făină, lemn, bumbac etc.) sau animală (lînă, păr, piele, pene etc.).

Praful se împarte în două grupuri : praful fin, avînd particule cu dimensiunea maximă de 10—20 microni și praful mare, avînd particule cu dimensiunea minimă de 50 microni. Praful fin se caracterizează prin acțiunea sa nocivă : particulele mici pătrund adînc în aparatul respirator și, la dimensiunile lor reduse, au o reactivitate chimică maximă. Praful mare se caracterizează prin inerția particulelor care

Scanned with OKEN Scanner

determină distanțe relativ mari de împrăștiere, în cazul în care sînt proiectate în spațiu din punctele de generare. De asemenea, praful mare se supune mai prompt legilor gravitației, spre deosebire de praful fin care are tendința de a rămîne în suspensie în aer.

Praful mare este mai puțin periculos din punct de vedere igienic și are proprietăți explozive mai reduse.

Gravitatea îmbolnăvirilor organismului omenesc datorită acțiunii prafului depinde în mare măsură de natura acestuia. Unele prafuri au o acțiune mecanică asupra plămînilor, cum sînt siliciul și azbestul, care dau două boli grave, silicoza și, respectiv, azbestoza. Alte prafuri au o acțiune toxică asupra întregului organism, cele mai periculoase fiind plumbul, manganul, beriliul, insecticidele și prafurile radioactive.

Concentrațiile de praf în aer periculoase pentru organismul uman sînt indicate în normele republicane de protecție a muncii, în funcție de natura prafului.

Există numeroase prafuri organice și anorganice care se aprind și fac explozie, dacă sînt îndeplinite simultan condițiile de concentrație a prafului în aer și de prezență a unei scîntei cu o anumită energie minimă pentru a putea aprinde amestecul de aer cu praf. Exploziile de praf sînt foarte puternice și provoacă distrugeri mari.

■ *Fumul* este un sistem cu particule mai mici de 1 micron, produse în urma unui proces chimic sau fizic care determină o schimbare de stare ; de obicei, procesele care generează fumul sînt procese termice, de oxidare, sublimare, evaporare, condensare și combustie.

Prafurile explozive cele mai frecvente sînt praful de cărbune bituminos, de lemn, de materiale plastice, de produse agricole, de săpun, precum și prafurile metalice.

În general, concentrațiile și temperaturile necesare pentru a se putea produce explozia au valori ridicate, ceea ce diminuează mult riscul de accidente, însă este obligatoriu să se ia măsuri pentru a se împiedica depunerea și acumularea prafului în încăpere, încărcarea sa cu sarcini electrostatice etc.

În afară de ventilare, o măsură generală cu eficacitate mare constă în a crea și menține în spațiile cu praf în suspensie o umiditate relativă a aerului destul de ridicată, care împiedică producerea exploziei.

Majoritatea particulelor de praf din aer au o mișcare proprie care se termină, după un anumit interval de timp și după parcurgerea unui anumit spațiu, prin depunerea particulelor. Mișcarea prafului poate fi determinată de acțiunea gravitației, precum și de forța cu care particulele au fost proiectate din sursa de generare. Aceste forțe sînt, de obicei, mai mari decît forța de antrenare pe care o pot avea curenții de aer din încăpere, astfel încît, *spre deosebire de gaze și vapori, mișcarea*

Scanned with OKEN Scanner

particulelor de praf este mult mai puțin dependentă de mișcarea aerului. Numai particulele foarte fine, care plutesc în aer, pot fi dirijate după dorință, imprimînd aerului mișcarea necesară.

C. VAPORII DE APĂ

Vaporii rezultați din evaporarea apei sau cei care pătrund direct în încăperi măresc umezeala aerului și, dacă determină condiții de saturație, provoacă inconveniente oamenilor, materialelor, utilajelor și construcției.

Degajările de vapori de apă pot proveni de la următoarele surse: suprafețe libere de apă (băi, vase deschise etc.), suprafețe umede (suprafața pardoselii, a utilajului etc.), materiale umede care cedează apă mediului ambiant în cursul procesului tehnologic (benzi de hîrtie care se usucă în mașinile de hîrtie, pînză întinsă pe rolele jigherelor în secțiile de finisare ale fabricilor textile etc.). De asemenea, vaporii de apă pot proveni și din îmbinări neetanșe ale conductelor și armăturilor de abur, neetanșeități ale utilajelor tehnologice carcasate, scăpări de la hote sau alte dispozitive de aspirație locală etc.

■ Cantitatea orară a vaporilor formați prin evaporare de la o masă de apă cu o anumită adîncime și cu suprafața liberă, liniștită, în contact direct cu aerul ambiant, se calculează cu ajutorul formulei:

$$G_v = CS(p_s - p_v)\frac{760}{B} \quad [\text{kg/h}], \tag{4.1}$$

în care:

C este coeficientul de evaporare, în $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)^{-1}$;

S — suprafața de evaporare, în m^2;

p_s — presiunea vaporilor saturați care se formează la suprafața apei, în N/m^2;

p_v — presiunea parțială a vaporilor de apă conținuți în aerul ambiant, în N/m^2;

B — presiunea barometrică momentană, în N/m^2.

Coeficientul de evaporare se calculează în funcție de viteza v [m/s] a curentului de aer la suprafața apei, astfel:

$$C = 0{,}0229 + 0{,}0174\cdot v, \tag{4.2}$$

cînd curentul de aer este paralel cu suprafața masei de apă și

$$C = 0{,}056 + 0{,}024\cdot v, \tag{4.3}$$

cînd curentul de aer are o direcție perpendiculară pe suprafața de evaporare.

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea parțială a vaporilor de apă saturați p_s se citește din tabela 4.1, iar presiunea parțială p_v a vaporilor de apă din aerul ambiant avînd umiditatea relativă φ, se determină pe baza relației de definiție (v. formula 2.3).

$$p_v = \varphi p_s \ [\mathrm{N/m^2}]. \tag{4.4}$$

■ Cantitatea orară a vaporilor formați prin evaporarea apei de la suprafețe umede se calculează cu ajutorul formulei :

$$G_v = \frac{\alpha(t - t')\,S}{r} \ [\mathrm{kg/h}], \tag{4.5}$$

în care :

α este coeficientul de transmisie a căldurii prin convecție de la suprafața umedă la aerul ambiant și are valoarea de 4,25 $\mathrm{W/m^2 \cdot °K}$;
t — temperatura aerului ambiant la termometrul uscat ;
t' — temperatura la termometrul umed a aerului ambiant ;
S — suprafața umedă, în $\mathrm{m^2}$;
r — căldura latentă de vaporizare a apei (în medie 2 500 kJ/kg).

TABELA 4.1

Presiunea parțială p_s a vaporilor de apă saturați la presiunea atmosferică de 101 325 $\mathrm{N/m^2}$

Temperatura aerului °C	p_s $\mathrm{N/m^2}$	Temperatura aerului °C	p_s $\mathrm{N/m^2}$	Temperatura aerului °C	p_s $\mathrm{N/m^2}$
0	610,6	34	5 319,5	68	28 557,6
2	705,3	36	5 940,8	70	31 157,4
4	813,3	38	6 624,8	72	33 943,8
6	934,6	40	7 375,4	74	36 956,9
8	1 073,2	42	8 199,3	76	40 183,3
10	1 227,9	44	9 100,6	78	43 636,3
12	1 402,5	46	10 085,8	80	47 342,6
14	1 598,5	48	11 160,4	82	51 315,7
16	1 817,2	50	12 333,6	84	55 568,6
18	2 063,8	52	13 612,2	86	60 114,9
20	2 337,1	54	14 998,7	88	64 941,1
22	2 643,8	56	16 505,3	90	70 100,7
24	2 983,7	58	18 145,1	92	75 593,6
26	3 361,1	60	19 918,3	94	81 446,4
28	3 779,7	62	21 838,1	96	87 672,5
30	4 242,3	64	23 904,6	98	94 298,7
32	4 754,3	66	26 144,4	100	101 391,4

Scanned with OKEN Scanner

■ Cantitatea orară a vaporilor de apă degajați de materiale, în cazul în care evaporarea apei constituie un obiectiv al procesului tehnologic, se calculează cu ajutorul relației:

$$G_v = G_m \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{100 + \varphi_2} \quad [\text{kg/h}], \tag{4.6}$$

în care:

G_m este masa materialului uscat, ca rezultat al procesului tehnologic (capacitatea de producție), în kg/h;

φ_1 — umiditatea inițială a materialului, exprimată în procente $\left(\frac{\text{kg apă}}{\text{kg material absolut uscat}} \cdot 100\right)$;

φ_2 — umiditatea materialului la sfîrșitul procesului tehnologic, în procente $\left(\frac{\text{kg apă}}{\text{kg material absolut uscat}} \cdot 100\right)$.

D. MIROSUL

Un număr mare de substanțe naturale și sintetice sînt compuse din molecule care au anumite grupuri de atomi cu proprietatea de a crea senzația de miros. Substanțele mirositoare se găsesc fie în stare gazoasă sau de vapori, fie au o presiune de vapori.

Mirosul în sine nu este vătămător pentru organism însă, în afară de senzații dezagreabile și inconfortabile, creează reacții fiziologice, ca: scăderea poftei de mîncare, diminuarea consumului de apă, vomări și insomnii.

Datorită sensibilității organului olfactiv, concentrația perceptibilă a gazelor sau vaporilor mirositori este extrem de redusă. Astfel, după natura substanței, concentrații de $1-10^3$ volume de gaze sau vapori mirositori în 10^9 volume de aer sînt ușor perceptibile. Simțul mirosului este de aproximativ 25 000 ori mai acut decît simțul gustului. Concentrațiile pentru perceperea mirosurilor sînt mult mai mici decît concentrațiile maxime admisibile din punct de vedere igienic.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru definirea mirosurilor s-a stabilit scara indicată în tabela 4.2. Deoarece evaluarea mirosurilor nu poate fi făcută decît cu simțul olfactiv, această scară acceptată în general este totuși subiectivă. La concentrația limită de percepție, mirosul este detectat, dar este prea slab pentru a putea fi identificat mai precis. Limita de recunoaștere este concentrația minimă la care un observator experimentat poate identifica și descrie mirosul sau cel puțin poate să-l compare calitativ cu alt miros.

TABELA 4.2

Scara senzorială pentru evaluarea intensității mirosului

Gradul de intensitate al mirosului	Descrierea mirosului
0	Inodor
1/2	Limita de percepție
1	Limita de recunoaștere
2	Moderat
3	Puternic
4	Intens

Factorii care afectează simțul mirosului sînt : adaptarea fiziologică umezeala și temperatura aerului ambiant.

În urma unor experimentări fiziologice calitative s-a determinat că percepția mirosului scade pe măsură ce umiditatea relativă a aerului crește. Efectul temperaturii aerului asupra perceperii mirosului este aproape neglijabil în domeniul 5—38°C ; se remarcă totuși o ușoară tendință de reducere a senzației de miros pe măsură ce temperatura aerului crește. Simțul mirosului este influențat, de asemenea, de intensitatea luminoasă. S-a determinat că mirosurile par mai puțin intense în întuneric.

E. DEGAJĂRI ȘI APORTURI DE CĂLDURĂ

Căldura degajată în interiorul unei încăperi, sau cea primită din exterior prin elementele de construcție, influențează condițiile de confort și dă naștere, în interiorul încăperii, la curenți de convecție naturală, care afectează atît difuzarea substanțelor nocive, cît și modul în care se realizează distribuirea aerului de ventilare.

Sursele interioare de degajare a căldurii, precum și cauzele care provoacă pătrunderea căldurii din exterior, sînt arătate în continuare.

Scanned with OKEN Scanner

1. CĂLDURA DEGAJATĂ DE OAMENI

Oamenii degajă cantități de căldură cu atît mai mari, cu cît efortul pe care îl depun este mai mare.

Astfel, un om așezat, lucrînd la birou, degajă aproximativ 116 W, un om în picioare efectuînd deplasări moderate (vînzător la magazine) degajă aproximativ 150 W, la banc, prestînd o muncă ușoară, aproximativ 200 W, muncă moderată în fabrici, aproximativ 290 W, și muncă grea, peste 400 W.

2. CĂLDURA DEGAJATĂ DE LA MOTOARELE ELECTRICE

Cînd motorul și mașina acționată se găsesc împreună în încăperea ventilată sau condiționată, fluxul de căldură degajat Q se calculează cu formula :

$$Q = 410\ N \quad [\text{W}], \tag{4.7}$$

în care N este puterea înscrisă pe plăcuța motorului electric, în kW.

Cînd motorul se găsește în încăperea ventilată, iar mașina acționată într-o încăpere alăturată, fluxul de căldură degajat în spațiul ventilat este :

$$Q = 410\ N\ (1 - \eta) \quad [\text{W}], \tag{4.8}$$

în care η este randamentul motorului electric și are următoarele valori aproximative : la motoare mici, sub 1 kW, $\eta = 0{,}8$; la motoarele între 1 și 10 kW, $\eta = 0{,}85$; la motoarele peste 10 kW, $\eta = 0{,}9$.

■ Cînd mașina acționată se găsește în încăperea ventilată, iar motorul electric într-un spațiu separat,

$$Q = 410\ N\eta \quad [\text{W}]. \tag{4.9}$$

3. CĂLDURA DEGAJATĂ DE ILUMINATUL ELECTRIC

Toate tipurile de lămpi electrice transformă aproape integral în căldură energia pe care o primesc, încălzind astfel spațiul în care sînt montate.

Fluxul de căldură Q emis de lămpile incandescente se calculează cu formula :

$$Q = 0{,}93\ sP \quad [\text{W}], \tag{4.10}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care :

P este puterea instalată totală, în waţi (suma puterilor în W a tuturor lămpilor instalate) ;

s — coeficient de simultaneitate, reprezentînd raportul dintre puterea lămpilor în funcţiune şi puterea totală instalată.

■ Fluxul de căldură emis de lămpile fluorescente se calculează cu formula :

$$Q = 1{,}2\ sP \quad [\mathrm{W}]. \tag{4.11}$$

4. CĂLDURA INTRODUSĂ PRIN AERUL EXTERIOR

Aerul exterior cald pătrunde în interiorul încăperilor ventilate sau condiţionate fie datorită infiltraţiei naturale prin neetanşeităţile construcţiei, fie ca urmare a funcţionării instalaţiilor de ventilare mecanică.

În ambele cazuri, căldura conţinută în aerul exterior rămîne în încăperi sub formă de flux termic, care se determină cu relaţia :

$$Q = Dc\rho(t_e - t_i) \quad [\mathrm{W}], \tag{4.12}$$

în care :

D este debitul de aer introdus în încăpere, în m^3/h ;

c — căldura specifică a aerului ; $c = 1$ kJ/kg·°K ;

ρ — densitatea aerului (în calculele practice se adoptă de obicei valoarea densităţii aerului exterior), în kg/m^3 ;

t_e — temperatura aerului exterior ;

t_i — temperatura aerului din interiorul încăperii ventilate.

5. CĂLDURA CONŢINUTĂ ÎN VAPORII DE APĂ DEGAJAŢI DE LA PROCESELE TEHNOLOGICE

Fluxul de căldură introdus în încăperi de vaporii de apă degajaţi de la diferite surse tehnologice se calculează cu formula :

$$Q = G_v(r + c_{p_v}t) \quad [\mathrm{W}], \tag{4.13}$$

în care :

G_v este masa de vapori care pătrunde orar în încăpere, în kg/h ;

r — căldura latentă de vaporizare a apei ; $r = 2\,500$ kJ/kg :

Scanned with OKEN Scanner

c_{p_v} este căldura specifică la presiune constantă a vaporilor de apă ; $c_{p_v} = 1{,}84$ kJ/kg·°K ;

t — temperatura vaporilor de apă egală cu temperatura la termometrul uscat a aerului.

6. CĂLDURA INTRATĂ ÎN ÎNCĂPERI DE LA ELEMENTELE DE CONSTRUCȚIE INTERIOARE

Dacă încăperea servită este învecinată cu încăperi mai calde, prin elementele de construcție despărțitoare (pereți, uși, ferestre etc.) are loc transferul unui flux de căldură.

$$Q = kS\ \Delta t \quad [\text{W}], \tag{4.14}$$

în care :

k este coeficientul global de transfer termic al elementului respectiv, în W/m²·°K ;

S — suprafața elementului, în m² ;

Δt — diferența dintre temperaturile aerului pe cele două fețe ale elementului de construcție, în °K.

Coeficientul k se calculează sau se alege în conformitate cu STAS 1907-68.

7. CĂLDURA DEGAJATĂ DE MATERIALUL FIERBINTE

Semifabricatele, produsele sau materialele fierbinți care se răcesc în spațiul servit de instalația de ventilare cedează prin radiație și convecție o cantitate de căldură :

$$q = Gc_s(t_i - t_f) \quad [\text{kJ}], \tag{4.15}$$

în care :

G este masa materialului solid fierbinte, în kg ;

c_s — căldura specifică medie a materialului în stare solidă între limitele de temperatură t_i și t_f, în kJ/kg·°K ;

t_i — temperatura inițială a materialului, în °C ;

t_f — temperatura finală a materialului, în °C.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă răcirea de la t_i la t_f a materialului se efectuează într-un număr de n ore, fluxul de căldură emis în încăperea servită este :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{q}{n} \quad [W]. \tag{4.16}$$

8. CĂLDURA DEGAJATĂ DE LA MATERIALUL TOPIT

Cînd materialul care degajă căldura este în fază lichidă și se răcește în această stare în spațiul ventilat, cantitatea de căldură pe care o cedează mediului ambiant, pînă în momentul solidificării, se calculează cu formula:

$$q = G[c_l(t_i - t_s) + i] \quad [kJ], \tag{4.17}$$

în care :

G este masa de material topit, în kg ;
c_l — căldura specifică a materialului în stare lichidă, în kJ/kg·°K ;
t_i — temperatura la care începe procesul de răcire a materialului topit, în °C ;
t_s — temperatura în care începe solidificarea materialului, în °C ;
i — căldura latentă de solidificare, egală cu căldura latentă de topire, în kJ/kg.

9. CĂLDURA DEGAJATĂ DE PRODUSELE DE ARDERE

Diferite procese tehnologice, cum sînt sudarea oxiacetilenică, suflarea sticlei, încălzirea substanțelor în laboratoarele de chimie etc. au loc prin arderea liberă a combustibililor gazoși în spațiile de lucru. Din căldura dezvoltată prin procesul de ardere, o parte servește la încălzirea pieselor sau substanțelor, iar restul este conținută în gazele arse și este cedată aerului ambiant, odată cu pătrunderea acestora în încăpere. Dacă gazele arse și piesele încălzite rămîn în încăpere pînă cînd capătă temperatura acesteia, cantitatea de căldură Q cedată orar mediului ambiant este :

$$Q = 0,264\ GP_i \quad [W], \tag{4.18}$$

în care :

G este debitul de combustibil gazos ale cărui produse de ardere pătrund direct în încăpere, în kg/h ;
P_i — puterea calorifică inferioară a combustibilului, în kJ/kg.

Scanned with OKEN Scanner

10. CĂLDURA DEGAJATĂ DE SUPRAFEȚELE CALDE

Cînd se cunoaște temperatura t_p a unei suprafețe calde care emite căldură într-un spațiu cu temperatura t_a, fluxul de căldură degajat de la suprafața cu aria A este :

$$Q = \alpha_t A(t_p - t_a) \quad [W], \tag{4.19}$$

în care :

$$\alpha_t = 9{,}3 + 0{,}058\ t_p \quad [W/m^2 \cdot °K] \tag{4.20}$$

este un coeficient aproximativ de emisie a căldurii totale transmise încăperii.

11. CĂLDURA INTRATĂ ÎN ÎNCĂPERI PRIN RADIAȚIA SOLARĂ

Căldura solară primită de către suprafețele exterioare ale unei clădiri provine de la radiația directă a soarelui și de la radiația difuză a atmosferei, la care se adaugă și radiația corpurilor învecinate, cum ar fi clădirile apropiate, copacii, pămîntul etc. care, încălzite de către soare, iradiază la rîndul lor suprafețele clădirii considerate.

Fluxul de căldură transmis în interiorul încăperilor reprezintă însă numai o parte din energia totală radiată de la aceste surse, deoarece suprafețele clădirii reflectă înapoi în spațiu o parte considerabilă din radiația incidentă primită. În afară de acestea, nici întreaga cantitate de căldură absorbită de către suprafețele iradiate nu este integral transmisă în interiorul încăperilor : căldura înmagazinată în elementele de construcție încălzite este transmisă nu numai aerului din încăpere, dar și aerului care scaldă suprafața exterioară a elementelor.

În toate cazurile, la fluxul de căldură pătruns în încăperi prin radiație solară directă, indirectă sau difuză, este necesar să se adauge și fluxul de căldură transmis ca efect al diferenței de temperatură dintre aerul exterior și cel din interiorul încăperilor.

Transmiterea căldurii solare în interiorul încăperilor se face în mod diferit, în funcție de natura elementului de construcție.

Astfel, ferestrele transmit instantaneu cea mai mare parte din căldura solară primită. Prin elementele de construcție masive, cum sînt pereții și acoperișurile, datorită capacității lor de a înmagazina căldura, precum și rezistenței lor termice, transmiterea căldurii se face lent ; între momentul iradierii suprafețelor exterioare ale elementelor și momentul în care suprafețele interioare ale acestora încep să cedeze căldura primită către aerul din încăpere, există un decalaj de timp

Scanned with OKEN Scanner

de mai multe ore. Căldura primită de acoperișurile și pereții însoriți nu este transmisă deci instantaneu încăperilor ca în cazul ferestrelor, ci de obicei mult timp după încetarea iradierii.

Datorită capacității de înmagazinare termică a pereților și acoperișurilor și în consecință a decalajului de timp, variațiile exterioare (nebulozitățile trecătoare, intensitatea radiației solare la diferite ore etc.) afectează în măsură redusă fluxul de căldură instantaneu primit de către încăpere ; capacitatea termică a construcției acționează ca un volant termic.

a. **Căldura solară transmisă prin ferestre.** Așa cum s-a arătat, prin ferestre pătrunde în interiorul încăperilor un flux de căldură care provine de la radiația solară directă, de la radiația atmosferică și a obiectelor înconjurătoare, precum și ca efect al diferenței dintre temperaturile aerului exterior și interior.

Pentru radiația solară, directă, ferestrele sînt transparente, deoarece geamurile transmit radiațiile cu lungimi de undă cuprinse în aproape întreaga gamă a razelor solare.

Din energia solară totală, aproximativ jumătate se găsește în domeniul vizibil, iar cealaltă jumătate în domeniul infraroșu, radiațiile ultraviolete constituind numai o mică parte. Procentajul radiațiilor din fiecare domeniu de lungime de undă transmis prin sticlă depinde de proprietățile fizice și chimice ale acesteia, precum și de unghiul de incidență al razelor solare.

Un aspect important al transmisiei radiațiilor prin ferestre este constituit de faptul că geamurile sînt opace pentru energia radiantă emisă de către surse avînd o temperatură sub 230°C. Aceasta înseamnă că, în general, radiația difuză a atmosferei, precum și radiația obiectelor înconjurătoare nu este transmisă direct prin ferestre, ca razele solare ; căldura care pătrunde în încăperi reprezintă numai o mică parte din căldura absorbită de geamurile iradiate de către aceste surse.

■ Fluxul de căldură care pătrunde prin ferestrele însorite (fără umbră) se determină, conform STAS 6648/1-70, cu formula :

$$Q_f = \Sigma S_f[cF_f q_s + k_f(t_s - t_i)] \quad [W], \qquad (4.21)$$

în care :

S_f este suprafața totală a ferestrei (suprafața golului din zidărie), în m² ;

c — factorul de calitate al geamului și de protecție împotriva însoleierii, conform tabelei 4.3 ;

F_f — raportul dintre suprafața netă a geamului și suprafața totală a ferestrei (suprafața golului din zidărie) : pentru ferestre

Scanned with OKEN Scanner

cu cercevele metalice, se consideră $F_f = 1$; pentru ferestre cu cercevele din lemn, $F_f < 1$, și anume este cu atît mai mic, cu cît cercevelele au o suprafață mai mare ;

q_s — fluxul radiant transmis instantaneu prin suprafața însorită a ferestrei, în W/m² ;

k_f — coeficientul de transmisie a căldurii prin ferestre, în W/m²·°K, conform STAS 1907-68 ;

t_s — temperatura de calcul a aerului însorit, în °C, calculată conform formulei (4.22) ;

t_i — temperatura de calcul a aerului din interiorul încăperii în °C.

■ Factorul de calitate al geamului și de protecție împotriva radiației solare (însoleierii) ține seama de proprietățile geamului, de construcția ferestrei și de existența unor dispozitive de protecție care determină o diminuare a fluxului termic pătruns prin radiația solară.

Valorile acestui factor sînt indicate în tabela 4.3, a cărei analiză arată totodată și mijloacele care pot fi folosite pentru reducerea însoleierii prin ferestre.

TABELA 4.3

Factorul de calitate al geamului și de protecție împotriva însoleierii

Tipul geamului	Fără dispozitiv de protecție	Cu jaluzele interioare		Cu jaluzele exterioare	Cu draperii interioare		Cu rulouri interioare	
		culoare deschisă	culoare închisă		culoare deschisă	culoare închisă	culoare deschisă	culoare închisă
1. Geam simplu obișnuit	1,00	0,56	0,76	0,14	0,56	0,66	0,41	0,81
2. Geam gros (6—12 mm)	0,94	0,56	0,74	0,13	0,56	0,66	0,41	0,80
3. Geam termoabsorbant cu absorbție 50—70%	0,62	0,51	0,56	0,10	—	—	0,37	0,61
4. Geamuri duble obișnuite	0,90	0,51	0,67	0,13	0,51	0,62	0,37	0,73

■ Fluxul radiant transmis instantaneu prin suprafața însorită a ferestrei variază cu latitudinea, luna din an, ora din zi și orientarea față de punctele cardinale. Pentru latitudinea caracteristică țării noastre și pentru luna iulie (luna cea mai caldă), valorile q_s sînt indicate în tabela 4.4.

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 4.4

Fluxul radiant transmis prin ferestre verticale însorite, în W/m², pentru luna iulie

Ora	Orientarea ferestrei							
	N	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SV*	*V*	*NV*
6	78	295	332	176	32	32	32	32
7	63	353	397	307	57	57	57	57
8	74	319	503	407	92	74	74	74
9	89	218	473	443	168	89	89	89
10	100	119	362	432	254	100	100	100
11	106	106	220	368	320	128	106	106
12	108	108	108	246	343	246	108	108
13	106	106	106	128	320	368	220	106
14	100	100	100	100	254	432	362	119
15	89	89	89	89	168	443	473	218
16	74	74	74	74	92	407	503	319
17	63	57	57	57	57	307	397	353
18	78	32	32	32	32	176	332	295

■ Temperatura aerului însorit t_s este o temperatură convențională de calcul. Datorită faptului că temperatura exterioară t_e diferă de cea din interiorul încăperii, t_i, prin suprafața ferestrei se produce un schimb de căldură care, pentru perioada din zi în care $t_e < t_i$, are sensul din exterior către interior. Fluxul de căldură care pătrunde în această perioadă este $\Sigma S_f k_f (t_e - t_i)$.

Cînd fereastra este expusă la radiația solară directă, indirectă sau difuză, suprafața geamului și cercevelelor își ridică temperatura și în încăpere pătrunde un flux de căldură suplimentar față de cel determinat de diferența de temperatură. Acest aport suplimentar de căldură depinde de mai mulți factori și este dificil de calculat. Pentru a se simplifica calculele, s-a admis noțiunea de temperatura aerului însorit, definită ca temperatura virtuală a aerului exterior care ar produce pătrunderea în încăpere a unui flux de căldură egal cu fluxurile cumulate determinate de diferența $(t_e - t_i)$ și de încălzirea suplimentară a ferestrei.

— Temperatura aerului însorit se calculează cu formula:

$$t_s = t_e + I \frac{A}{\alpha_e} \quad [°C], \tag{4.22}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care :

t_e este valoarea orară a temperaturii exterioare de calcul variabilă în funcție de lună și ora din zi, în °C ;

I — intensitatea radiației solare, variabilă în funcție de latitudine, lună, ora din zi și orientarea față de punctele cardinale, în W/m² ;

A — coeficientul de absorbție a radiațiilor solare ;

α_e — coeficientul de schimb superficial de căldură, la suprafața exterioară a elementului de construcție, avînd valoarea de 17,5 W/m²·°K.

— Valoarea orară a temperaturii exterioare de calcul se determină cu formula :

$$t_e = t_z + \Delta t \quad [°C], \tag{4.23}$$

în care :

t_z este temperatura medie zilnică a aerului exterior în localitatea și în luna considerată, în °C, conform STAS 6648/2-70 ;

Δt — abaterea orară a temperaturii exterioare de calcul față de temperatura medie zilnică, conform STAS 6648/2-70.

Valorile t_z și Δt pentru cîteva localități principale din țară și pentru luna iulie sînt indicate în tabelele 4.5 și 4.6.

TABELA 4.5

Valorile temperaturilor medii zilnice ale aerului exterior în luna iulie

Localitatea	t_z, °C	Localitatea	t_z, °C
Alba-Iulia	20,5	Iași	21,5
Arad	21,5	Miercurea-Ciuc	17,5
Bacău	21	Piatra-Neamț	19,5
Baia-Mare	20	Pitești	21
Botoșani	20	Ploiești	22
Brașov	18	Reșița	19
Brăila	22,5	Sibiu	19,5
București	23	Suceava	19
Buzău	22,5	Tîrgoviște	21
Cluj-Napoca	19	Tîrgu-Jiu	21,5
Constanța	22	Tîrgu-Mureș	19,5
Craiova	22,5	Timișoara	21,5
Galați	22,5	Tulcea	23
Hunedoara	20	Drobeta Turnu-Severin	23

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 4.6

Valorile abaterilor orare ale temperaturii exterioare de calcul față de temperatura medie zilnică, Δt, pentru luna iulie

Localitatea	Ora												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Alba-Iulia	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Arad	0,1	2	4,3	6,4	8	9,1	10,1	10,8	11,3	11,6	11,6	11	9,6
Bacău	−0,4	0,7	2,3	4,9	7,1	9	10,1	10,8	11,2	11,4	11,3	10,9	9,5
Baia-Mare	1	3	5,5	7,5	8,9	10,1	10,7	11,1	11,6	11,6	11,2	11	9,4
Botoșani	−0,4	0,7	2,3	4,9	7,1	9	10,1	10,8	11,2	11,4	11,3	10,9	9,5
Brașov	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Brăila	−0,3	1,2	3	4,9	6,3	7,5	8,6	9,2	9,3	9,2	8,8	8,3	7,6
București	−1,2	0,8	3,4	5,7	7,8	9,1	10,1	11	11,6	11,9	11,6	11	9,8
Buzău	0	2	4,4	6,3	7,8	8,8	9,6	10	10,3	10,4	10,1	9,6	8,6
Cluj-Napoca	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Constanța	1,6	2,5	3,6	4,6	5,4	5,9	6,1	6,2	6,2	6	5,7	5,3	4,8
Craiova	−1,2	0,8	3,4	5,7	7,8	9,1	10,1	11	11,6	11,9	11,6	11	9,8
Galați	−0,3	1,2	3	4,9	6,3	7,5	8,6	9,2	9,3	9,2	8,8	8,3	7,6
Hunedoara	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Iași	−0,4	0,7	2,3	4,9	7,1	9	10,1	10,8	11,2	11,4	11,3	10,9	9,5
Miercurea-Ciuc	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Piatra-Neamț	0,3	1,8	4,5	6,7	8,5	9,7	10,7	11,2	11,3	11,3	11,1	10,5	9,6
Pitești	−1,2	0,8	3,4	5,7	7,8	9,1	10,1	11	11,6	11,9	11,6	11	9,8
Ploiești	0	2	4,4	6,3	7,8	8,8	9,6	10	10,3	10,4	10,1	9,6	8,6
Reșița	0,1	2	4,3	6,4	8	9,1	10,1	10,8	11,3	11,6	11,6	11	9,6
Sibiu	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Suceava	0,3	1,8	4,5	6,7	8,5	9,7	10,7	11,2	11,3	11,3	11,1	10,5	9,6
Tîrgoviște	−1,2	0,8	3,4	5,7	7,8	9,1	10,1	11	11,6	11,9	11,6	11	9,8
Tîrgu-Jiu	0	2	4,4	6,3	7,8	8,8	9,6	10	10,3	10,4	10,1	9,6	8,6
Tîrgu-Mureș	−0,7	1,3	3,2	5,6	7,7	9,1	10,2	11	11,4	11,5	11,3	10,7	9,4
Timișoara	0,1	2	4,3	6,4	8	9,1	10,1	10,8	11,3	11,6	11,6	11	9,6
Tulcea	−0,3	1,2	3	4,9	6,3	7,5	8,6	9,2	9,3	9,2	8,8	8,3	7,6
Drobeta Turnu-Severin	0,1	2	4,3	6,4	8	9,1	10,1	10,8	11,3	11,6	11,6	11	9,6

Scanned with OKEN Scanner

Valorile intensității radiației solare la latitudinea caracteristică țării noastre, în luna iulie, la diferite ore și orientări sînt redate în tabela 4.7.

TABELA 4.7

Intensitatea radiației solare I, în W/m², pentru luna iulie

Ora	Orientarea suprafeței verticale								Suprafața orizontală
	N	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SV*	*V*	*NV*	
6	86	304	343	182					88
7	32	348	462	303					215
8		310	499	397	61				351
9		208	448	425	154				490
10		72	339	408	237				592
11			201	341	296	78			657
12				224	317	224			681
13				78	296	341	201		657
14					237	408	339	72	592
15					154	425	448	208	490
16					61	397	499	310	351
17						303	426	348	215
18						182	343	304	88

TABELA 4.8

Coeficientul de absorbție a radiațiilor solare A

Denumirea materialului	A	Denumirea materialului	A
Ardezie	0,93	Plăci ceramice	0,95
Azbociment	0,93	Sticlă netedă, groasă	0,93
Carton asfaltat	0,91	Stuc	0,93
Cărămidă	0,93	Tencuială, mortar	0,91
Geamuri duble	0,12	Tablă zincată nouă	0,66
Geamuri simple	0,06	Tablă zincată oxidată	0,92
Marmură	0,94	Vopsele de aluminiu	0,67
Piatră de calcar	0,95	Vopsele de ulei	0,96

Scanned with OKEN Scanner

Suprafețele însorite absorb o parte mai mare sau mai mică din radiația totală primită, în funcție de natura și culoarea lor. Suprafețele de culoare deschisă și netede absorb o mică parte și reflectă în atmosferă cea mai mare parte din radiația solară primită, în timp ce suprafețele de culoare închisă sau cele rugoase produc un fenomen invers. Coeficientul de absorbție arată partea din radiația absorbită față de radiația totală primită. Valorile acestui coeficient sînt indicate, pentru cîteva din materialele cele mai uzuale, în tabela 4.8.

Aplicație

Metoda de lucru pentru calcularea fluxului maxim de căldură transmis în luna iulie într-o încăpere cu ferestre pe mai mulți pereți exteriori, folosind formulele și tabelele date mai înainte, este expusă în continuare.

1) Inițial trebuie cunoscute următoarele date :

— Suprafețele totale ale ferestrelor, însumate pe orientări (astfel, de exemplu, dacă încăperea are ferestre pe trei pereți exteriori, orientați către sud, est și vest, se calculează $\Sigma S_{f_{sud}}$, $\Sigma S_{f_{est}}$ și $\Sigma S_{f_{vest}}$).

— Construcția ferestrelor: materialul cercevelelor, la ferestrele din lemn raportul dintre suprafața totală (de gabarit) și suprafața netă a geamului, ferestre duble sau simple, grosimea geamului, natura geamului (obișnuit, termo-absorbant).

— Modul de protecție a ferestrelor împotriva înscrierii (fără dispozitive de protecție, cu jaluzele, cu draperii sau cu rulouri, culoarea acestora închisă sau deschisă, locul de montare în interior sau în exterior).

— Localitatea.

— Temperatura de calcul a aerului din interiorul încăperii.

2) Din tabela 4.4 se aleg valorile maxime ale fluxurilor radiante q_s corespunzătoare orientărilor pe care le au ferestrele și se calculează, pentru fiecare grup de ferestre, produsele $\Sigma S_f \cdot q_{s max}$ (în exemplul considerat se aleg deci $q_{s_{max \cdot sud}} = 343$ W/m², $q_{s_{max \cdot est}} = 503$ W/m² și $q_{s_{max \cdot vest}} = 503$ W/m² și se efectuează produsele : $343 \cdot \Sigma S_{f_{sud}}$; $503 \cdot \Sigma S_{f_{est}}$ și $503 \cdot \Sigma S_{f_{vest}}$).

3) Se compară produsele efectuate mai înainte, se alege cel cu valoarea cea mai mare, se notează fluxul radiant căruia îi corespunde și se citește în tabela 4.4 ora la care are loc acest aport maxim de căldură (în exemplul dat, dacă se admite că produsul $343 \cdot \Sigma S_{f_{sud}}$ are valoarea cea mai mare, ora la care are loc aportul maxim de căldură este 12, conform tabelei 4.4). Ora astfel stabilită este cea pentru care se va face în continuare întregul calcul de aporturi de căldură.

4) Se citește în tabela 4.5 valoarea temperaturii medii zilnice a aerului exterior, t_z, pentru localitatea considerată (dacă localitatea este București, $t_z = 23$°C).

5) Se citește în tabela 4.6 valoarea abaterii orare a temperaturii exterioare de calcul, Δt, pentru localitatea considerată și la ora pentru care se face calculul (pentru București, la ora 12, $\Delta t = 10,1$ conform tabelei 4.6).

Scanned with OKEN Scanner

6) Se calculează valoarea orară a temperaturii exterioare de calcul, t_e, cu formula 4.23 (pentru București, în condițiile exemplului dat, $t_e = 23 + 10,1 = 33,1°C$).

7) Se citesc la tabela 4.7 valorile intensității radiației solare corespunzătoare orientărilor ferestrelor și la ora pentru care se face calculul (se obțin astfel, spre exemplu, pentru ora 12, $I_{sud} = 317$ W/m² și $I_{est} = I_{vest} = 0$).

8) Se citește în tabela 4.8 valoarea coeficientului de absorbție A pentru geamuri duble sau simple.

9) Se calculează temperatura aerului însorit cu formula (4.22), pentru fiecare orientare a ferestrelor (în exemplul dat se vor obține astfel valorile $t_{s_{sud}} = t_{s_{est}} = t_{s_{vest}} = t_e$).

10) Se citește în tabela 4.4 valoarea fluxului radiant q_s transmis încăperii prin fiecare grup de ferestre diferit orientate și pentru ora la care se face calculul (în cazul exemplului dat, se citesc astfel, pentru ora 12, $q_{s_{sud}} = 343$ W/m², $q_{s_{est}} = q_{s_{vest}} = 108$ W/m²)

11) Se alege din STAS 1907-68 valoarea k_f corespunzătoare construcției ferestrelor.

12) Se calculează, folosind datele stabilite anterior, cu formula (4.21), fluxurile de căldură care pătrund instantaneu prin fiecare grup de ferestre diferit orientate. Suma acestor fluxuri reprezintă aportul maxim de căldură prin suprafețele ferestrelor (în cazul exemplului dat, se obține ca aport maxim $Q_{f_{sud}} + Q_{f_{est}} + Q_{f_{vest}}$ care, așa cum s-a arătat, are loc la ora 12).

b. **Căldura solară transmisă prin pereți și acoperișuri.** Inerția termică a acestor elemente face ca oscilațiile temperaturii exterioare și căldura primită prin radiația solară să se resimtă în încăperi cu o întîrziere care se calculează cu formula :

$$\varepsilon = 2,7\ D \qquad \text{[ore]}, \qquad (4.24)$$

în care D este indicele inerției termice a elementului de construcție considerat, ales din STAS 1907-68.

■ Calculul fluxului de căldură care pătrunde instantaneu prin elementele de construcție masive se face cu formula :

$$Q_m = \Sigma S[k(t_{sm} - t_i) + f \cdot k(t_s - t_{sm})] \qquad \text{[W]}, \qquad (4.25)$$

în care :

S este suprafața elementului de construcție considerat, în m² ;
k — coeficientul de transmisie a căldurii, ales din STAS 1907-68, în W/m² :
t_s — temperatura de calcul a aerului însorit în °C, determinată în conformitate cu formula (4.22) ;
t_i — temperatura interioară de calcul, în °C ;
f — coeficientul de amortizare a oscilațiilor de temperatură ;
t_{sm} — temperatura medie zilnică a aerului însorit, în °C.

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de amortizare a oscilațiilor de temperatură se alege din tabela 4.9, în funcție de orientarea elementului de construcție considerat și de întîrzierea ε cu care oscilațiile de temperatură se resimt în interiorul încăperilor (calculată cu formula 4.24). Valorile din tabela 4.9 corespund suprafețelor verticale. Pentru suprafețele orizontale se iau în considerare valorile din coloana 2 (nord).

TABELA 4.9

Coeficientul de amortizare a oscilațiilor de temperatură f

Întîrzierea ε, în ore	Orientarea			
	Nord	*Sud*	*Est*	*Vest*
1	2	3	4	5
1	0,95	0,93	0,91	0,92
2	0,91	0,89	0,85	0,87
3	0,80	0,77	0,70	0,74
4	0,60	0,56	0,45	0,51
5	0,50	0,46	0,34	0,41
6	0,42	0,37	0,27	0,33
7	0,34	0,30	0,20	0,25
8	0,27	0,24	0,15	0,20
9	0,22	0,18	0,12	0,15
10	0,16	0,13	0,07	0,11
11	0,14	0,11	0,05	0,08
12	0,11	0,09	0,04	0,07

■ Temperatura medie zilnică a aerului însorit se calculează cu formula :

$$t_{sm} = t_z + \Delta t_m + I_{med} \frac{A}{\alpha_e} \quad [°C], \tag{4.26}$$

în care :

t_z are semnificația de la formula (4.23) și valorile indicate în tabela 4.5 ;

Δt_m este abaterea medie orară a temperaturii exterioare de calcul față de temperatura medie zilnică, în °C indicată, pentru luna iulie, în tabela 4.10 ;

I_{med} — valoarea medie zilnică a intensității radiației solare, în W/m², indicată, pentru luna iulie, în tabela 4.11 ;

A și α_e au semnificațiile de la formula (4.22).

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 4.10

Abaterea medie orară a temperaturii exterioare de calcul față de temperatura medie zilnică pentru luna iulie

Localitatea	Δt_m	Localitatea	Δt_m
Alba-Iulia	5,3	Iași	5,2
Arad	5,5	Miercurea-Ciuc	5,3
Bacău	5,2	Piatra-Neamț	5,8
Baia-Mare	5,6	Pitești	5,3
Botoșani	5,2	Ploiești	4,9
Brașov	5,3	Reșița	5,5
Brăila	4,3	Sibiu	5,3
București	5,3	Suceava	5,8
Buzău	4,9	Târgoviște	5,3
Cluj-Napoca	5,3	Târgu-Jiu	4,9
Constanța	3,7	Târgu-Mureș	5,3
Craiova	5,3	Timișoara	5,5
Galați	4,3	Tulcea	4,3
Hunedoara	5,3	Drobeta Turnu-Severin	5,5

TABELA 4.11

Valorile medii zilnice ale intensității radiației solare, în W/m² pentru luna iulie

Orientarea suprafeței	I_{med}	Orientarea suprafeței	I_{med}
N	10	*SV*	98
NE	52	*V*	96
E	96	*NV*	52
SE	98	*Orizontal*	228
S	76		

Întrucît prin elementele de construcție masive oscilațiile temperaturii aerului exterior ca și radiația solară se transmit în interiorul încăperilor cu întîrzierea ε, calculul temperaturii aerului însorit t_s trebuie făcut nu pentru ora la care se determină aporturile de căldură, ca în cazul ferestrelor, ci pentru o oră anterioară decalată cu un interval de timp ε. Aceasta înseamnă că elementele care intervin în expresia temperaturii aerului însorit și anume Δt și I trebuie alese din tabelele

Scanned with OKEN Scanner

respective corespunzător unei ore decalate înapoi cu ε față de ora pentru care se face calculul aporturilor de căldură instantanee.

Fluxul total de căldură care pătrunde în încăperi sub efectul radiației solare reprezintă suma dintre Q_f (formula 4.21) și Q_m (formula 4.25).

Aplicație

După ce a fost stabilit fluxul de căldură pătruns prin ferestrele de la încăperea cu mai mulți pereți exteriori din aplicația precedentă, se folosește metoda de lucru expusă în continuare pentru aflarea fluxului de căldură pătruns prin elementele masive.

1) Trebuie cunoscute inițial :
— suprafețele nete ale pereților exteriori (după scăderea suprafeței totale a golurilor de ferestre), pentru fiecare orientare în parte (în cazul exemplului din aplicația precedentă se stabilesc astfel S_{sud}, S_{est} și S_{vest}) ;
— suprafața acoperișului (S_{ac}) ;
— construcția pereților și acoperișului și coeficienții corespunzători de transmisie a căldurii, conform STAS 1907-68 ;
— materialul și culoarea suprafeței exterioare a pereților și acoperișului.

2) Se calculează întîrzierea ε, în ore, cu formula (4.24), pe baza indicilor de inerție termică D aleși, din STAS 1907-68, în funcție de construcția pereților și acoperișului (se admite, în cazul exemplului tratat că se obține astfel, $\varepsilon_{pereți}=3$ ore și $\varepsilon_{acoperiș}=5$ ore).

3) Se calculează valoarea temperaturii exterioare de calcul cu formula (4.23), în care temperatura medie zilnică t_z are aceeași valoare ca cea folosită la calculul aporturilor de căldură prin ferestre (în cazul exemplului dat $t_z=23°C$), iar abaterea orară Δt se stabilește din tabela 4.6, corespunzător decalajului ε.

În exemplul dat, ținînd seama de faptul că la calculul aporturilor de căldură prin ferestre s-a stabilit ora 12 ca oră de calcul, pentru pereți se citește, în tabela 4.6., $\Delta t=5,7°C$, corespunzător localității București și orei $12-\varepsilon=12-3=9$, iar pentru acoperiș, $\Delta t=0,8°C$, corespunzător orei $12-5=7$. Rezultă astfel următoarele valori ale temperaturii exterioare de calcul: pentru pereți $23+5,7=28,7°C$, iar pentru acoperișuri $23+0,8=23,8°C$.

4) Se caută în tabela 4.7 valorile intensității radiației solare I pentru fiecare element masiv, în funcție de orientarea sa și corespunzător orei de calcul decalate înapoi cu întîrzierea ε.

În exemplu se obțin astfel : pentru peretele sud, la ora $12-3=9$, $I_{p_{sud}}=154$ W/m² ; pentru peretele est, la ora 9, $I_{p_{est}}=448$ W/m² ; pentru peretele vest, tot la ora 9, $I_{p_{vest}}=0$; pentru acoperișul orizontal, la ora $12-5=7$, $I_{acop}=215$ W/m².

5) Se citesc în tabela 4.8 valorile coeficientului de absorbție A, în funcție de materialul elementului masiv, obținîndu-se astfel $A_{pereți}$ și $A_{acoperiș}$.

6) Se calculează temperaturile aerului însorit cu formula (4.22) pentru fiecare element masiv, în funcție de orientarea și natura sa (în exemplul dat, se obțin astfel : pentru pereți $t_{s_{sud}}$, $t_{s_{est}}$ și $t_{s_{vest}}$, iar pentru acoperiș $t_{s_{acop}}$).

Scanned with OKEN Scanner

7) Se stabilește valoarea coeficientului de amortizare f, din tabela 4.9, pentru fiecare element masiv, în funcție de întîrzierea și orientarea respectivă (în exemplul dat, se obțin astfel valorile: pentru pereți, la $\varepsilon=3$ ore, $f_{sud}=0,77$; $f_{est}=0,70$; $f_{vest}=0,74$, iar pentru acoperiș, la $\varepsilon=5$ ore, $f_{acop}=f_{nord}=0,50$, avînd în vedere că acoperișul este orizontal).

8) Din tabelele 4.10 și 4.11 se stabilesc, pentru localitatea respectivă și pentru orientarea fiecărui element masiv, valorile corespunzătoare ale abaterii medii orare Δt_m și ale intensității medii zilnice I_{med} și, pe această bază, se calculează temperaturile medii zilnice ale aerului însorit cu formula (4.26).

9) În acest stadiu al calculelor fiind stabilite toate valorile necesare ale mărimilor care intervin în formula (4.25), se calculează fluxurile de căldură care pătrund instantaneu prin fiecare element masiv (în exemplul dat se obțin astfel: pentru pereți $Q_{m_{sud}}$, $Q_{m_{est}}$, $Q_{m_{vest}}$ și pentru acoperiș $Q_{m_{acop}}$).

10) Fluxul total de căldură pătruns în încăpere prin iradierea tuturor elementelor de construcție este $Q_{total}=\Sigma Q_f+\Sigma Q_m$.

Verificarea cunoștințelor

4.1. *Amestecul dintre aer și o substanță inflamabilă este periculos cînd concentrația acesteia are o valoare:*
a) *sub concentrația minimă admisibilă;*
b) *cuprinsă între concentrația minimă și maximă;*
c) *mai mare decît concentrația maximă?*

4.2. *Mișcarea gazelor și vaporilor într-o încăpere depinde în mod determinant de:*
a) *difuziunea moleculară;*
b) *viteza cu care procesele de generare introduc gazele și vaporii în mediul ambiant;*
c) *densitatea gazelor sau vaporilor;*
d) *acțiunea gravitații asupra gazelor sau vaporilor;*
e) *curenții de aer din încăpere?*

4.3. *Unde se amplasează gurile de aspirație într-o încăpere fără degajări de căldură și cu degajări de gaze avînd densitatea mai mare decît cea a aerului:*
a) *la partea superioară a încăperii;*
b) *la partea inferioară;*
c) *nu prezintă importanță din punctul de vedere al eficacității.*

4.4. *Aceeași întrebare ca la 4.3, în cazul unei încăperi cu degajări de căldură; care este explicația?*
a); b); c).

4.5. *Se știe că o suprafață de apă degajă o cantitate de vapori cu atît mai mare, cu cît temperatura ei este mai ridicată, dar în formula (4.1) nu apare temperatura. Cum se explică aceasta?*

4.6. *Cînd motorul electric și mașina acționată se găsesc în aceeași încăpere fluxul de căldură degajat depinde de randamentul motorului:* a) *da;* b) *nu; care este explicația?*

4.7. *Dacă la o anumită oră, un perete și o fereastră în acest perete sînt expuse radiației solare, cum se determină fluxul de căldură transmis în încăpere?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 5

MIȘCAREA LIBERĂ A AERULUI

Ventilarea și condiționarea aerului se realizează prin introducerea și distribuirea aerului curat, eventual tratat, în interiorul încăperilor și prin evacuarea aerului viciat din aceste încăperi. Rezultă deci că efectul de ventilare sau de condiționare a aerului urmărit depinde de caracterul mișcării aerului în spațiile servite, adică de forma și amplasarea gurilor de ventilare, de debitele de aer, vitezele, temperaturile, concentrațiile și traiectoriile curenților de aer formați de aceste guri. Efectul de ventilare sau de condiționare urmărit depinde, de asemenea, în mare măsură și de felul în care mișcarea aerului realizată ține seama de forma și dimensiunile încăperii servite, de elementele de construcție care o compun, de natura proceselor care se desfășoară în interior și de poziția pe care o au oamenii față de gurile de ventilare și față de obiectele din încăpere.

În studiul mișcării aerului în interiorul încăperilor servite se admite că pereții acestora nu au nici o influență asupra curenților de aer creați de gurile de ventilare.

În aceste condiții, mișcarea aerului se produce liber, urmînd legi proprii care vor fi studiate în cele ce urmează.

A. JETURI DE AER

Aerul, care iese printr-un orificiu practicat în peretele unei conducte în suprapresiune sau prin capătul liber al unei conducte, are forma unei vîne al cărei contur poate fi pus în evidență prin refularea unui aer amestecat cu fum.

Forma jetului de aer depinde în mod esențial de viteza cu care aerul iese din gura de refulare.

În figura 5.1 sînt exemplificate, schematic, formele pe care le capătă jeturile de aer refulate, cu diferite viteze, printr-o gură rotundă. Jetul din figura 5.1, *a* este produs cu o viteză mică de ieșire din gură. Jetul

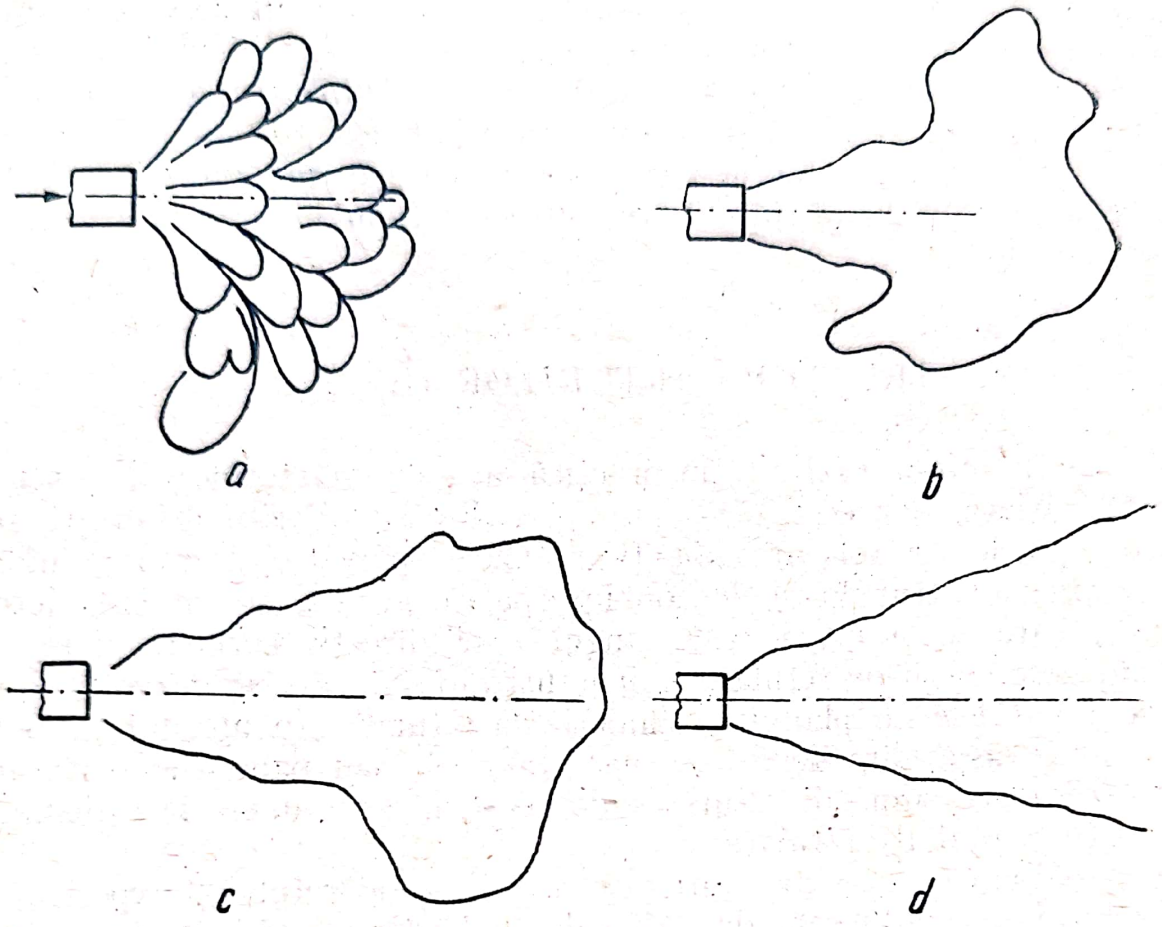


Fig. 5.1. Jeturi de aer refulate cu diferite viteze.

are formă neregulată și schimbătoare, iar distanța la care curge este redusă. Asemenea jeturi, cu mișcare lentă, sînt puțin folosite în tehnica ventilării. În figurile 5.1, *b*, *c* și *d* sînt reprezentate jeturi cu viteze din ce în ce mai mari. Se observă că pe măsură ce viteza de ieșire a aerului crește, forma jetului devine mai regulată, mai stabilă, iar distanța pe care o străbate, mai mare.

Cînd viteza de refulare este mai mică, aerul care iese din gura de refulare și formează jetul, denumit aer primar, se amestecă într-o măsură redusă cu aerul înconjurător. Cu cît viteza de refulare crește, amestecul dintre aerul primar din jet și cel înconjurător se face mai activ, ceea ce înseamnă că aerul de ventilare proaspăt, adus de jet, se răspîndește mai eficace în masa de aer a încăperii. Din această cauză, vitezele de refulare adoptate în tehnica ventilării fiind destul de mari, jeturile capătă forma din figura 5.1, *d*.

Vitezele de refulare sînt limitate în practică la valori care să evite formarea unor curenți neplăcuți în zona ocupată de oameni.

Trecerea de la o formă la alta a jetului se face prin mărirea vitezei de refulare. Pînă la o anumită viteză, jeturile își mențin forma din

figura 5.1, *a*. Mărind viteza, forma se schimbă destul de brusc, apropiindu-se de cea utilă pentru ventilare (fig. 5.1, *d*). Viteza la care are loc această trecere se numește viteză critică. După ce jetul a căpătat forma din figura 5.1, *d* el și-o păstrează oricît de mult s-ar mări viteza de refulare. Singurul factor care variază cu mărirea vitezei este distanța la care ajunge jetul și care este cu atît mai mare, cu cît viteza este mai ridicată.

1. STRUCTURA JETURILOR DE AER

Gurile de refulare folosite în practică au nu numai forme și dimensiuni foarte variate, dar creează și jeturi cu direcții diferite de propagare. Astfel, gurile de refulare pot fi circulare, pătrate, dreptunghiulare, fante înguste, trunchiuri de con interpătrunse etc., și pot crea jeturi axiale, care se propagă de-a lungul unei direcții perpendiculare pe planul deschiderii de refulare, sau jeturi radiale, care se dezvoltă după direcții paralele cu planul deschiderii de refulare. În ultimul timp au căpătat o răspîndire destul de mare tavanele sau panourile perforate, care creează o sumă de jeturi axiale, subțiri, ce se unesc la o distanță mică de planul de refulare.

Cu toată această mare varietate a gurilor de refulare, experiențele au dovedit, că indiferent de forma deschiderilor sau de direcția de propagare, jeturile de aer au o structură similară (fig. 5.2).

Jetul de aer se formează în modul următor : presiunea din conductă obligă aerul care a ajuns în dreptul deschiderii să iasă prin aceasta. Curentul de aer care iese din gura de refulare are în planul deschiderii aceeași formă cu secțiunea respectivă ; această formă se păstrează însă numai în planul deschiderii prin care iese aerul. Dincolo de acest plan, jetul de aer începe să se rotunjească și, la o anumită distanță de gura de refulare, capătă forma unui trunchi de con, indiferent de forma pe care a avut-o inițial, în planul gurii de refulare. Distanța la care jetul capătă această formă depinde de aspectul gurii de refulare. Gurile rotunde emit de la început jeturi în formă de trunchi de con. Jeturile create de gurile pătrate capătă forma unui trunchi de con la foarte mică apropiere de gură. La gurile dreptunghiulare, trunchiul de con se formează mai departe de gură, și anume la distanțe cu atît mai mari, cu cît raportul dintre laturile dreptunghiului este mai mare. Jeturile prin fante ajung la forma trunchiului de con la depărtări mari de deschiderea de refulare, de obicei mai mari decît lungimea încăperilor care se ventilează. Pînă să capete această formă, jetul fantelor are aspectul unui strat de aer, care se lărgește puțin cîte puțin, pe măsura depărtării de gură.

Scanned with OKEN Scanner

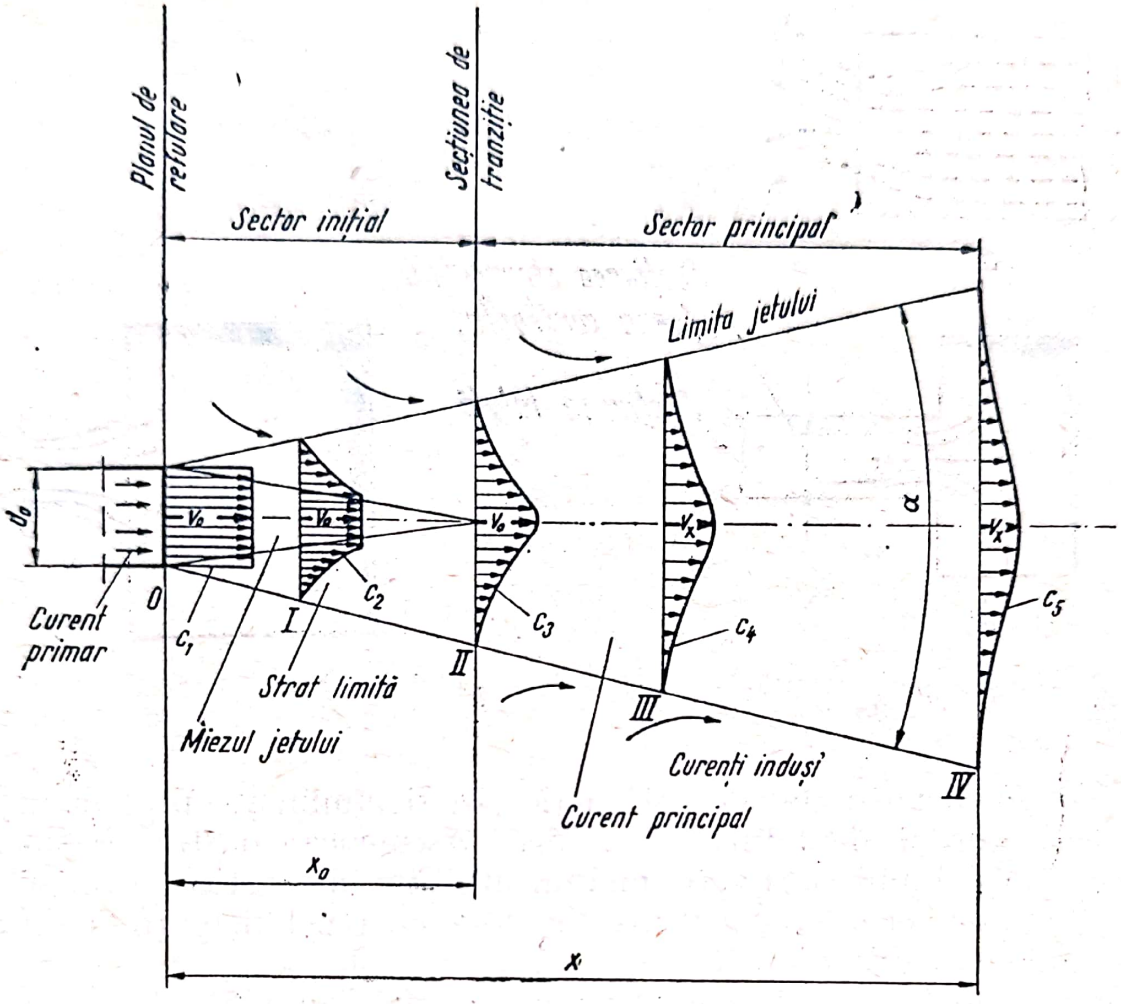


Fig. 5.2. Structura jetului de aer.

Din cele arătate rezultă că, în practică, se poate admite că jeturile au fie o formă rotundă (jeturi rotunde), cînd sînt create de guri rotunde, pătrate sau dreptunghiulare cu raport mic al laturilor, fie o formă plană (jeturi plane), cînd sînt create de fante cu lungimi mari.

Forma jeturilor prezintă importanță practică, deoarece determină în numeroase cazuri soluția sistemului de distribuire a aerului în spațiile ventilate.

■ În ceea ce privește forma jeturilor în planul deschiderii de refulare, este necesar să se facă următoarea precizare care stă la baza calculului jeturilor; cînd aerul iese printr-o deschidere de refulare, indiferent de forma acesteia, vîna de aer suferă o contracție (fig. 5.3). Fenomenul se produce fie că gura se găsește la capătul unei conducte de aer (fig. 5.3, *a*), fie că gura este plasată pe suprafața laterală a acesteia (fig. 5.3, *b*). Contracția curentului face ca aerul, la ieșire, să nu ocupe întreaga secțiune a gurii de refulare, ci o arie mai redusă. Secțiunea minimă a curentului strangulat se numește *vena contracta* și va fi folosită în toate calculele următoare.

Scanned with OKEN Scanner

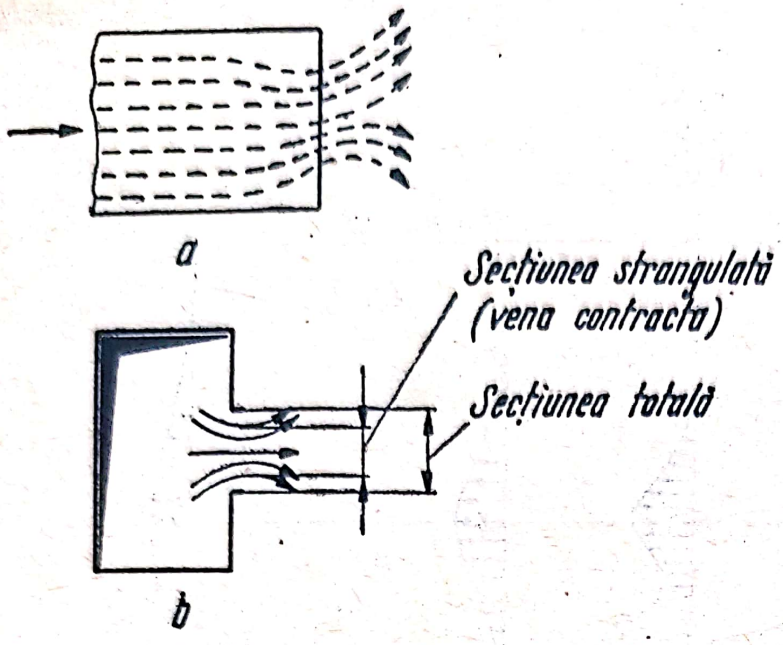


Fig. 5.3. Contracția curentului de aer la ieșirea din gurile de refulare.

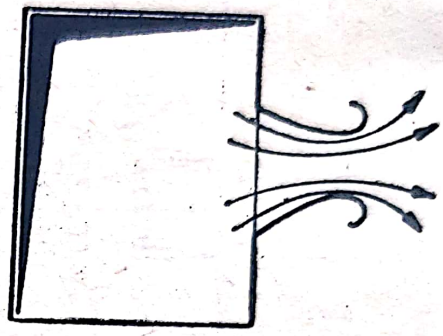


Fig. 5.4. Gură de refulare fără vena contracta.

Efectele fenomenului de contracție pot fi diminuate prin rotunjirea pereților gurilor de refulare (fig. 5.4). Asemenea construcții sînt, de obicei, mai scumpe și ca atare mai rar utilizate în practică. Strangularea curentului de aer este cu atît mai mare, cu cît muchiile gurii de refulare sînt mai ascuțite.

■ Revenind la structura jeturilor de aer, în figura 5.2 se observă că jetul își mărește volumul pe măsură ce se depărtează de gura de refulare. Această mărire a volumului se explică prin amestecul care se produce dintre aerul primar al jetului și aerul din mediul înconjurător. La viteza mare cu care aerul primar iese din gura de refulare, curgerea se produce turbulent, adică cu formare de vîrtejuri. Particulele de aer primar nu au o deplasare rectilinie, ci o mișcare agitată, în vîrtej, depărtîndu-se de gura de refulare și revenind către aceasta, descriind curbe neregulate și schimbătoare în timp. Această mișcare a aerului primar antrenează particulele din aerul ambiant și le adaugă la curentul primar, mărind astfel volumul aerului în mișcare. Antrenarea aerului ambiant în masa jetului are loc la periferia acestuia.

În prima porțiune a jetului, după ieșirea aerului primar din gura de refulare, curentul primar tinde să-și păstreze consistența inițială și formează în mijlocul jetului un miez în care viteza aerului rămîne constantă și aproape egală cu viteza medie din planul gurii de refulare. Pe măsură ce jetul se depărtează de gura de refulare, stratul de aer la periferia miezului, denumit strat limită, fiind în contact cu masa imobilă a aerului ambiant, antrenează din aceasta particule de aer

Scanned with OKEN Scanner

pe care le introduce în jet. Ca rezultat, stratul limită care înconjură miezul se îngroașă, în detrimentul miezului, care se îngustează continuu, căpătînd forma unui con cu vîrful îndreptat către direcția de curgere (v. fig. 5.2). După dispariția totală a miezului, dincolo de vîrful conului, aerul ambiant inundă complet masa jetului. Aerul primar, care a format miezul în prima porțiune a jetului, este în întregime amestecat cu aerul ambiant antrenat (indus).

Din cele arătate se deduce că într-un jet de aer se disting două sectoare : *sectorul inițial*, care începe de la planul deschiderii de refulare și se termină în punctul în care miezul de aer primar a dispărut complet, și *sectorul principal*, care alcătuiește restul jetului. Planul teoretic care desparte cele două sectoare se numește *secțiune de tranziție*.

În realitate, trecerea de la sectorul inițial la cel principal nu are loc brusc, ci între ele se găsește un sector de tranziție ce ocupă o porțiune din lungimea jetului. Sectorul inițial și cel de tranziție au, de obicei, o lungime mică, spre deosebire de lungimea mare a sectorului principal. Datorită distanței mari pe care o străbate în camera ventilată, precum și faptului că aerul primar, complet amestecat cu aerul încăperii, contribuie la obținerea efectului de ventilare dorit, sectorul principal al unui jet de aer constituie porțiunea utilă a acestuia. Legile după care aerul se deplasează în cele trei sectoare sînt diferite ; aceasta prezintă importanță la calculul jeturilor de aer.

În sectorul inițial, foarte aproape de gura de refulare, unde jetul se compune numai din aerul primar, vitezele aerului în toate punctele din cuprinsul jetului sînt egale atît între ele cît și cu viteza medie din planul de refulare, v_0. Dacă se reprezintă mărimile acestor viteze prin segmente de dreaptă, lungimea tuturor segmentelor ar fi v_0. Unind capetele acestor segmente se obține deci dreapta C_1 din figura 5.2. La o distanță oarecare de gură, dar tot în sectorul inițial, jetul se compune din miez și un strat care învăluie miezul. Vitezele în toate punctele din interiorul miezului se mențin constante și egale cu v_0, dar vitezele în stratul limită sînt mai mici și scad către periferia jetului. Dacă se secționează jetul cu un plan transversal I (v. fig. 5.2) și se unesc capetele vectorilor care reprezintă mărimile vitezelor în diferite puncte de pe planul I, se obține curba C_2 care ilustrează modul în care variază vitezele în secțiunea transversală I a jetului. În secțiunea II, viteza v_0 se menține (teoretic) numai în punctul în care axa jetului intersectează planul II (vîrful conului). În toate celelalte puncte ale acestui plan, viteza aerului are valori inferioare, după cum arată curba de variație C_3. Dincolo de secțiunea de tranziție, miezul dispărînd complet, viteza v_0 nu se mai găsește nici în axa jetului ; cu începere de la planul II, vitezele aerului în punctele situate de-a lungul axei scad continuu în

Scanned with OKEN Scanner

direcția de propagare a jetului. Repartiția vitezelor în diferitele secțiuni ale sectorului principal are loc în modul indicat de curbele C_4 și C_5 din figura 5.2.

Scăderea continuă a vitezelor în lungul jetului se explică astfel: aerul primar care iese din gura de refulare conține o energie cinetică care îi întreține mișcarea; pe măsură ce jetul se depărtează de gura de refulare, volumul său crește, deoarece, așa cum s-a arătat, la aerul primar se adaugă continuu aer indus; energia disponibilă este deci utilizată pentru deplasarea unor mase de aer din ce în ce mai mari și, în consecință, viteza de mișcare se reduce cu cît crește distanța de la gura de refulare.

Temperatura aerului primar poate fi egală cu temperatura încăperii, în care caz, jeturile se numesc *izoterme*, sau poate diferi de temperatura încăperii, creînd jeturi *neizoterme*.

2. JETURI IZOTERME. MĂRIMI CARACTERISTICE CALCULUL GURILOR DE REFULARE

Un jet de aer izoterm este definit de mărimile prezentate în continuare.

Lungimea sectoarelor unui jet depinde de forma și aria gurii de refulare, de viteza inițială și de dimensiunile spațiului în care se face refularea. În mod aproximativ, se admit în practică următoarele:

— lungimea sectorului inițial $x = 4\ d_0$;

— lungimea sectorului de tranziție $l_{tr} = 8\ d_0$;

— lungimea sectorului principal $l_{pr} = 25\ d_0 \ldots . 100\ d_0$,

în care cu d_0 s-a notat diametrul gurii de refulare rotunde. Dacă gura de refulare are o formă dreptunghiulară, cu laturile h_0 și b_0,

$$d_0 = \frac{h_0 + b_0}{2}. \qquad (5.1)$$

Unghiul de divergență α al jeturilor rotunde definit în figura 5.2 este aproximativ egal cu 24°, indiferent de mărimea gurii și de viteza de refulare. Întrucît sectorul principal capătă o formă rotundă și la jeturile produse de guri pătrate sau dreptunghiulare cu raport mic al laturilor, se poate considera aceeași valoare ($\alpha = 24°$) și pentru aceste guri. Jeturile plane, produse de fante cu lungimea mare, au un unghi de divergență α aproximativ de 33°. Aceste valori se referă la gurile libere.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă în deschiderile de refulare se montează palete de dirijare, unghiul de divergență al jeturilor se modifică pînă la maximum 60°, cînd unghiul format de paletele extreme este de 90° (fig. 5.5). Acest mijloc este folosit frecvent pentru a da jeturilor de aer o împrăștiere mai mare.

Aria deschiderii de refulare se notează cu A_t și reprezintă aria totală a gurii, determinată de dimensiunile de gabarit. Dacă deschiderea de refulare este acoperită cu o plasă de sîrmă, o ramă cu jaluzele, o placă perforată etc., aria liberă A_0 prin care se face refularea este mai mică decît A_t. Notînd cu R_a raportul subunitar dintre aria liberă și aria totală, pentru gurile de refulare cu plasă, jaluzele etc. se scrie:

$$A_0 = A_t \cdot R_a \quad [m^2]. \tag{5.2}$$

Raportul dintre secțiunea strangulată a jetului de aer și secțiunea totală a gurii de refulare (v. fig. 5.3 și 5.4) se notează cu C_d și se numește *coeficient de debit*. Acest coeficient arată cu cît este mai mic debitul real de aer care trece prin secțiunea strangulată față de debitul teoretic care ar trece prin secțiunea totală a gurii. Experimental s-a determinat că coeficientul de debit C_d este egal cu 0,65 pentru guri de refulare cu margini ascuțite, de forma celei din figura 5.3, *b* și 0,90 pentru guri de refulare cu margini rotunjite, de forma celei din figura 5.4.

Aria efectivă a unei deschideri de refulare în care se formează vena contracta este:

$$A_0 = A_t \cdot C_d \quad [m^2]. \tag{5.3}$$

Dacă o asemenea deschidere de refulare are și plasă de sîrmă, jaluzele etc., aria efectivă devine:

$$A_0 = A_t \cdot C_d \cdot R_a \quad [m^2]. \tag{5.4}$$

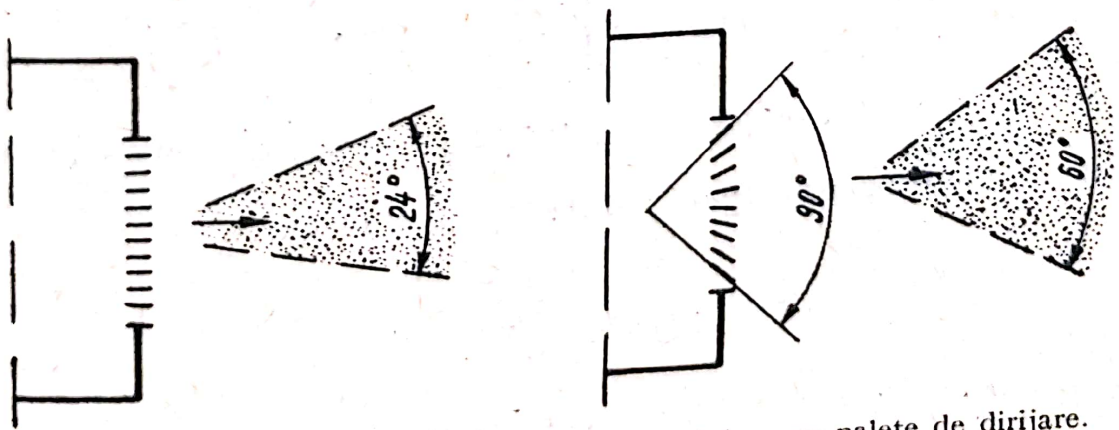


Fig. 5.5. Unghiul de divergență la gurile de refulare cu palete de dirijare.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă în deschiderile de refulare se montează palete de dirijare, unghiul de divergență al jeturilor se modifică pînă la maximum 60°, cînd unghiul format de paletele extreme este de 90° (fig. 5.5). Acest mijloc este folosit frecvent pentru a da jeturilor de aer o împrăștiere mai mare.

Aria deschiderii de refulare se notează cu A_t și reprezintă aria totală a gurii, determinată de dimensiunile de gabarit. Dacă deschiderea de refulare este acoperită cu o plasă de sîrmă, o ramă cu jaluzele, o placă perforată etc., aria liberă A_0 prin care se face refularea este mai mică decît A_t. Notînd cu R_a raportul subunitar dintre aria liberă și aria totală, pentru gurile de refulare cu plasă, jaluzele etc. se scrie:

$$A_0 = A_t \cdot R_a \quad [m^2]. \tag{5.2}$$

Raportul dintre secțiunea strangulată a jetului de aer și secțiunea totală a gurii de refulare (v. fig. 5.3 și 5.4) se notează cu C_d și se numește *coeficient de debit*. Acest coeficient arată cu cît este mai mic debitul real de aer care trece prin secțiunea strangulată față de debitul teoretic care ar trece prin secțiunea totală a gurii. Experimental s-a determinat că coeficientul de debit C_d este egal cu 0,65 pentru guri de refulare cu margini ascuțite, de forma celei din figura 5.3, *b* și 0,90 pentru guri de refulare cu margini rotunjite, de forma celei din figura 5.4.

Aria efectivă a unei deschideri de refulare în care se formează vena contracta este:

$$A_0 = A_t \cdot C_d \quad [m^2]. \tag{5.3}$$

Dacă o asemenea deschidere de refulare are și plasă de sîrmă, jaluzele etc., aria efectivă devine:

$$A_0 = A_t \cdot C_d \cdot R_a \quad [m^2]. \tag{5.4}$$

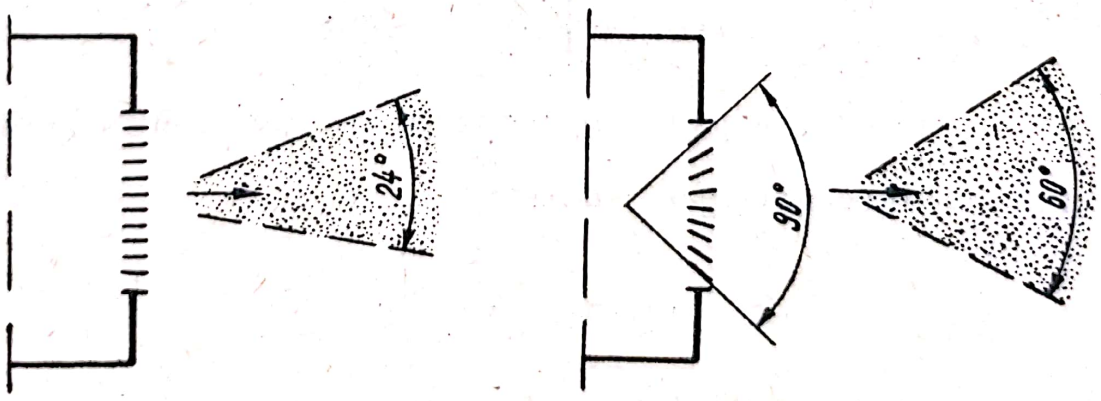


Fig. 5.5. Unghiul de divergență la gurile de refulare cu palete de dirijare.

Scanned with OKEN Scanner

Debitul primar D_0 *și viteza aerului în deschiderea de refulare* sînt legate prin relația :

$$D_0 = A_0 \cdot v_0 \quad [m^3/s], \tag{5.5}$$

în care A_0 este aria efectivă a deschiderii, iar v_0 viteza aerului în secțiunea efectivă a gurii (în vena contracta).

Dacă în relația 5.5 se înlocuiește A_0 cu expresia 5.4, se obține :

$$D_0 = A_t \cdot C_d \cdot R_a \cdot v_0 \quad [m^3/s]. \tag{5.6}$$

Produsul $C_d \cdot R_a \cdot v_0$ se notează cu v_t și reprezintă viteza teoretică în gura de refulare, care s-ar stabili dacă vîna de aer ar ocupa întreaga deschidere (fără vena contracta și fără plase, jaluzele etc.). Scrisă altfel, această egalitate are forma :

$$v_0 = \frac{v_t}{C_d \cdot R_a} \quad [m/s]. \tag{5.7}$$

Întrucît atît C_d cît și R_a au valori subunitare, se observă că viteza în secțiunea efectivă v_0 este mai mare decît viteza teoretică v_t. Această observație are o mare importanță practică pentru obținerea unei distribuiri corecte a aerului în încăperi.

Viteza aerului în jet scade atît pe lungimea acestuia cît și de la axa jetului către limitele sale.

Variația vitezei de-a lungul axei se produce diferit în fiecare sector al jetului. Pe toată lungimea sectorului inițial, viteza în axa jetului este în același timp și viteza în miez (v. fig. 5.2) și se menține constantă și aproximativ egală cu v_0.

În sectorul de tranziție, viteza aerului într-un punct oarecare de pe axa jetului, situat la distanța x de planul de refulare, este :

$$v_x = v_0 \sqrt{K \frac{h_0}{x}} \quad [m/s], \tag{5.8}$$

în care h_0 este lățimea jetului în secțiunea efectivă (pentru gurile rotunde, $h_0 = d_0$).

Pentru sectorul principal, relația 5.8 are forma :

$$v_x = v_0 K \frac{\sqrt{A_0}}{x} \quad [m/s]. \tag{5.9}$$

În relațiile precedente, coeficientul K este o constantă a gurii de refulare, depinzînd de forma, construcția și viteza în gura de refulare și are valorile din tabela 5.1.

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 5.1

Valori pentru constantele gurilor de refulare

Tipul gurii de refulare	K	
	$v_0 = 2{,}5 - 5$ m/s	$v_0 = 10 - 50$ m/s
Deschideri libere :		
— rotunde sau pătrate	5,7	7,0
— dreptunghiulare, valoarea raportului laturilor 1—25	6,5	
— fante, valoarea raportului laturilor 25—50	4,9	6,0
— fante inelare sau radiale	3,9	4,8
Deschideri cu jaluzele :		
— suprafața liberă minimum 40%	4,7	5,7
Deschideri cu palete de dirijare :		
— paralele cu direcția de curgere	5,5	
— divergente 40°	3,5	
— divergente 60°	2,5	
— divergente 90°	2,0	
Panouri perforate :		
— suprafața liberă 3— 5%	3,0	3,7
— suprafața liberă 10—20%	4,0	4,9
— suprafața liberă 25—40%	5,0	

Expresia 5.9 care arată modul cum variază viteza aerului de-a lungul axei jetului în sectorul principal stă la baza calculului jeturilor de aer.

Aplicații

1. Să se calculeze viteza aerului de-a lungul axei jetului la o gură de refulare dreptunghiulară cu dimensiunile de gabarit $a \times b$, avînd un coeficient de debit C_d și acoperită cu o plasă de sîrmă cu raportul între aria liberă și aria totală, R_a.

Se calculează aria totală a gurii $A_t = a \times b$, apoi aria efectivă în vena contracta $A_0 = A_t \cdot C_d \cdot R_a$, conform formulei (5.4). Valoarea A_0 se introduce în formula (5.9).

2. Să se calculeze viteza aerului de-a lungul axei jetului de la o gură de refulare circulară cu diametrul real d_r.

Se calculează $A_t = \pi d_r^2/4$, apoi $A_0 = A_t \cdot C_d \cdot R_a$, care se introduce în formula (5.9).

3. Să se calculeze viteza aerului de-a lungul axei jetului la o gură de refulare circulară.

Se notează cu d_0 diametrul în secțiunea minimă a venei contracta. Ținînd seama că $A_0 = \pi d_0^2/4$, formula (5.9) devine :

$$v_x = v_0 K \frac{d_0}{x} \sqrt{\frac{\pi}{4}}$$

sau

$$v_x = 0{,}885 K v_0 \frac{d_0}{x} \quad [\text{m/s}]. \tag{5.10}$$

Scanned with OKEN Scanner

4. Să se calculeze viteza aerului de-a lungul axei jetului la o gură de refulare circulară cu diametrul real d_r.

În relația (5.4) se înlocuiesc A_0 și A_t în funcție de diametrele respective, obținîndu-se:

$$\frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{\pi d_r^2}{4} C_a R_a$$

și, în final, $d_0 = d_r \sqrt{C_a R_a}$, care se folosește în formula (5.10).

5. Se cere să se exprime viteza în axa jetului v_x din formula (5.9), în funcție de debitul de aer D_0 refulat prin gură.

Din relația (5.5) se scoate

$$v_0 = \frac{D_0}{A_0}$$

și înlocuind în (5.9) se obține

$$v_x = K \frac{D_0}{A_0} \cdot \frac{\sqrt{A_0}}{x}.$$

Amplificînd membrul al doilea cu $\sqrt{A_0}$, se obține:

$$v_x = K \frac{D_0}{x\sqrt{A_0}} \quad [\text{m/s}]. \tag{5.11}$$

Ținînd seama de relația (5.4), se mai poate scrie:

$$v_x = K \frac{D_0}{x\sqrt{A_t C_a R_a}} \quad [\text{m/s}]. \tag{5.12}$$

Lungimea jetului din punct de vedere fizic este greu de stabilit, deoarece, deși jetul își micșorează continuu viteza, masa de aer a jetului își păstrează mișcarea pe distanțe foarte mari, care ies în afara domeniului studiat pînă în prezent. Din această cauză, pentru a se stabili o limită a jetului, către capătul final, se folosește un criteriu fiziologic, și anume se consideră practic că un jet de aer se termină în punctul în care viteza sa în axă are valoarea $v_s = 0{,}25$ m/s. Sub această viteză, oamenii nu mai percep în mod obișnuit mișcarea aerului. *Distanța s pe care o parcurge aerul de la gura de refulare pînă în punctul de pe axa jetului în care viteza ajunge la valoarea de 0,25 m/s se numește bătaia jetului și reprezintă lungimea zonei de acțiune utilă a jetului.*

Expresia matematică a bătăii se deduce din formulele 5.9....5.12 în care distanța x devine s, iar v_x se înlocuiește cu valoarea finală 0,25 m/s.

Se obțin astfel următoarele relații practice:

$$s = 4Kv_0\sqrt{A_0};\ s = 3{,}54\ Kv_0 d_0;\ s = 4K\frac{D_0}{\sqrt{A_0}}\ [\text{m}], \text{ (5.13, 5.14 și 5.15)}$$

$$s = 4K\frac{D_0}{\sqrt{A_t \cdot C_a \cdot R_a}};\ s = 3{,}54Kv_t\frac{d_0}{C_a R_a}\ [\text{m}]. \tag{5.16 și 5.17}$$

Scanned with OKEN Scanner

Debitul de aer antrenat de jet (indus) se calculează din relațiile :

$$D_x = D_0 \frac{2}{K} \cdot \frac{x}{\sqrt{A_0}} \quad [m^3/s], \tag{5.18}$$

care este valabilă pentru jeturi rotunde, și

$$D_x = D_0 \sqrt{\frac{2}{K} \cdot \frac{x}{h_0}} \quad [m^3/s], \tag{5.19}$$

valabilă pentru jeturi plane.

În relațiile 5.18 și 5.19 :

$D_x = D_i + D_0$ este debitul total de aer pus în mișcare de jet, la distanța x de gura de refulare. Acest debit este compus din debitul de aer primar D_0 și din debitul de aer antrenat din mediul ambiant, D_i ;

h_0 — lățimea fantei, în m.

Formulele 5.18 și 5.19 sînt valabile pentru sectorul principal al jeturilor. Pentru primele două sectoare ale jeturilor nu se cunosc încă formule de calcul, dar debitele de aer antrenate în aceste sectoare sînt de obicei reduse.

Cu cît debitul de aer este mai mare, cu atît amestecul dintre aerul primar curat și aerul din încăpere este mai intim, deci efectul de ventilare este mai bun.

Mijloacele prin care se pot obține debite de aer induse mari ies în evidență dacă se examinează relațiile 5.18 și 5.19. Aceste relații arată că D_x are valoare mare în următoarele situații :

— cînd constanta gurii K are valoare mică (deci după cum arată tabela 5.1 cînd gura are palete de dirijare divergente) ;

— cînd gura are formă de fantă îngustă ;

— cînd aria gurii rotunde, pătrate sau dreptunghiulare este mică.

Dacă se compară aceste condiții cu relațiile 5.13. . .5.17, se observă că în toate cazurile în care debitul antrenat este mare, bătaia jetului este mică și invers. Deci, un amestec bun al jetului cu aerul încăperii se poate obține numai cu jeturi scurte.

3. JETURI NEIZOTERME

Jeturile de aer folosite în practica ventilării și condiționării aerului sînt, aproape în totalitatea cazurilor, jeturi calde sau reci, servind la încălzirea sau răcirea încăperilor.

Fenomenele generale ale jeturilor izoterme se produc și la jeturile neizoterme, cu cîteva particularități determinate de diferența dintre temperaturile aerului ambiant și a celui din masa jetului.

Scanned with OKEN Scanner

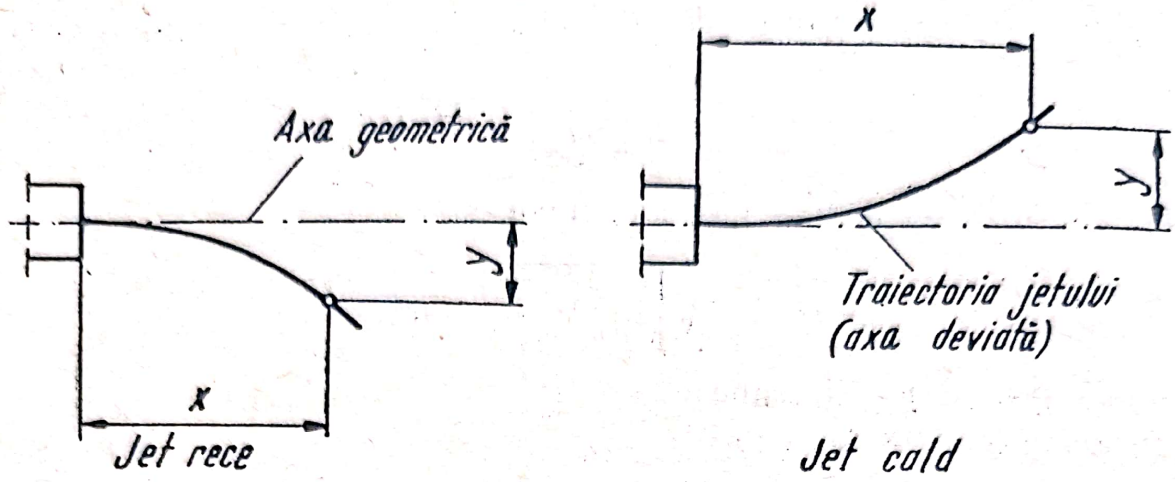


Fig. 5.6. Jeturi de aer neizoterme.

Consecința cea mai importantă a acestei diferențe de temperatură constă în apariția unor diferențe de greutăți specifice care produc forțe ascensionale sau descensionale. Curentul de aer nu mai curge sub impulsul unor forțe de inerție, ca în cazul jeturilor izoterme, ci sub efectul combinat al unor forțe ascensionale (respectiv descensionale) și de inerție, care imprimă aerului o traiectorie ce se abate de la axa geometrică a jetului (fig. 5.6).

În condiții identice de refulare, devierea este cu atît mai mare, cu cît diferențele dintre temperaturi, deci dintre densitățile aerului, sînt mai mari ; de asemenea, abaterea axei jetului cald sau rece de la axa geometrică este cu atît mai mare, cu cît viteza inițială de refulare este mai mică. Deci, cu cît forțele de inerție sînt mai mici, forțele ascensionale sau descensionale sînt mai predominante.

Spre deosebire de jeturile izoterme la care comportarea curentului de aer de-a lungul axei este caracterizată în suficientă măsură de variația vitezei axiale, la studiul jeturilor neizoterme trebuie adăugată și o analiză a variației temperaturii de-a lungul axei.

B. CÎMPURI DE ABSORBȚIE

Eliminarea substanțelor nocive din spațiile viciate se realizează prin deschideri de aspirație racordate la instalații de absorbție. Deschiderile de aspirație utilizate în practică sînt extrem de variate ca formă, dimensiuni și condiții de lucru, dar principiul după care funcționează este, în general, același, și anume : sucțiunea creată în gura de aspirație pune în mișcare aerul ambiant care pătrunde în instalație odată cu substanțele nocive pe care le poartă.

Scanned with OKEN Scanner

În jurul gurii de aspirație se creează astfel o zonă de curenți de aer, denumită cîmp de absorbție.

Aspectul și caracterul cîmpurilor de absorbție depind în întregime de forma gurii de aspirație, de debitul de aer și de viteza aerului prin deschidere.

Aceasta înseamnă că, dacă caracteristicile constructive și funcționale ale unei guri de aspirație sînt cunoscute, se poate determina forma cîmpului de absorbție creat de gura respectivă. Tot astfel, dacă se cunoaște cîmpul de absorbție necesar pentru antrenarea unor substanțe nocive către gura de aspirație, se pot determina caracteristicile acesteia. De aici reiese necesitatea studiului cîmpurilor de absorbție pentru calculul gurilor de aspirație.

1. CURBE DE VITEZĂ EGALĂ

Dacă gura de aspirație ar fi redusă la un punct, acesta ar atrage aerul în mod egal din toate direcțiile. Forța și deci viteza cu care sînt antrenate particulele de aer către punctul de aspirație scade, în mod evident, cu cît distanța de la acest punct este mai mare. Toate particulele situate la aceeași distanță de punctul de aspirație sînt antrenate cu aceeași viteză. Dacă se consideră, spre exemplu, o distanță R_1 măsurată în toate direcțiile în jurul punctului de aspirație, viteza aerului v_1 în toate punctele situate la această distanță va fi deci egală. Toate punctele avînd viteza v_1 se situează pe suprafața unei sfere imaginare cu raza R_1. În mod similar, toate particulele de aer situate la distanța R_2, în jurul punctului de aspirație, se găsesc pe suprafața unei sfere avînd raza R_2.

Aria sferei cu rază R_1 fiind $4\pi R_1^2$ și notînd cu D debitul de aer care trece prin această suprafață, viteza particulelor de aer aflate la distanța R_1 de punctul de aspirație este :

$$v_1 = \frac{D}{4\pi R_1^2}.$$

Debitul de aer care trece prin suprafața sferei cu raza R_2 este același, de aceea viteza v_2 în punctele situate la distanța R_2 este :

$$v_2 = \frac{D}{4\pi R_2^2}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Împărțind cele două relații, se obține :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}.$$

Această proporție se citește astfel : vitezele aerului la diferite distanțe de punctul de aspirație sînt invers proporționale cu pătratele acestor distanțe.

De aici rezultă o observație importantă pentru practica folosirii gurilor de aspirație, și anume că : la o creștere mică a distanței de la planul unei deschideri de aspirație corespunde o scădere mare a vitezei aerului aspirat.

Dacă sferele cu rază R_1 și R_2, avînd ca centru punctul de aspirație, ar fi tăiate cu un plan care trece prin centru, intersecțiile ar fi cercurile cu rază R_1 și R_2 (fig. 5.7). Deoarece viteza aerului este aceeași în toate punctele situate pe un cerc, acesta se numește *curbă de viteză egală*.

În realitate, surse de aspirație sub forma unui punct nu există. Gurile de aspirație au întotdeauna dimensiuni finite. Dacă se construiesc curbe de viteză egală la diferite distanțe de o gură de aspirație reală, forma curbelor este ovală (v. fig. 5.7). În figura 5.7 se face o comparație între curbele de viteză egală create de un punct teoretic de aspirație *p* și curbele de viteză egală create de o gură de aspirație cu dimensiuni finite. Viteza aerului în toate punctele de pe cercul *a* este egală cu viteza aerului în toate punctele de pe curba ovală *b*. Aceeași situație are loc pentru curbele *a'* și *b'*.

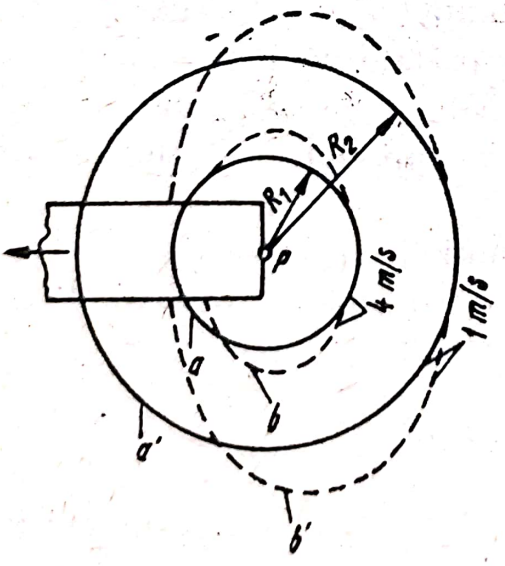


Fig. 5.7. Curbe de viteză egală create de un punct și de o gură de aspirație.

Pentru soluționarea problemelor practice s-au construit prin măsurători, curbe de viteză egală pentru un număr mare de deschideri de aspirație cu diferite forme. În figura 5.8 sînt reprezentate curbele de viteză egală ale unei deschideri circulare. Pentru ca acest cîmp de absorbție să poată fi folosit în toate situațiile din practică, distanțele de la planul deschiderii de aspirație, precum și de la axa deschiderii au fost notate nu cu cifre semnificative, ci cu valori care reprezintă procente din diametrul *d* al gurii de aspirație. În mod similar, vitezele la diferite distanțe de gură au fost notate cu procente din viteza medie în planul de aspirație.

Scanned with OKEN Scanner

■ Astfel, la o deschidere circulară cu diametrul $d = 0{,}7$ m, care aspiră un debit de aer $D = 1{,}54$ m³/s, viteza aerului într-un punct situat pe axa deschiderii la o distanță de 0,21 m se determină în modul următor :

Aria deschiderii de aspirație este :

$$A = \frac{\pi}{4}(0{,}7)^2 = 0{,}385 \text{ m}^2.$$

Viteza medie în deschiderea de aspirație este :

$$v = \frac{D}{A} = \frac{1{,}54}{0{,}385} = 4 \text{ m/s}.$$

Distanța de 0,21 m exprimată în procente din diametru este :

$$\frac{0{,}21}{0{,}7} \cdot 100 = 30\%.$$

Situînd în graficul din figura 5.8 punctul considerat pe axă și la o distanță față de deschidere de 30% din lățimea L a gurii de aspirație (în cazul gurii circulare lățimea L este egală cu diametrul d), se citește că prin acest punct trece curba de viteză egală, de 50% din viteza medie în planul deschiderii. Viteza în punctul considerat se poate scrie deci :

$$v_p = \frac{50}{100} \cdot v = \frac{50}{100} \cdot 4 = 2{,}0 \text{ m/s}.$$

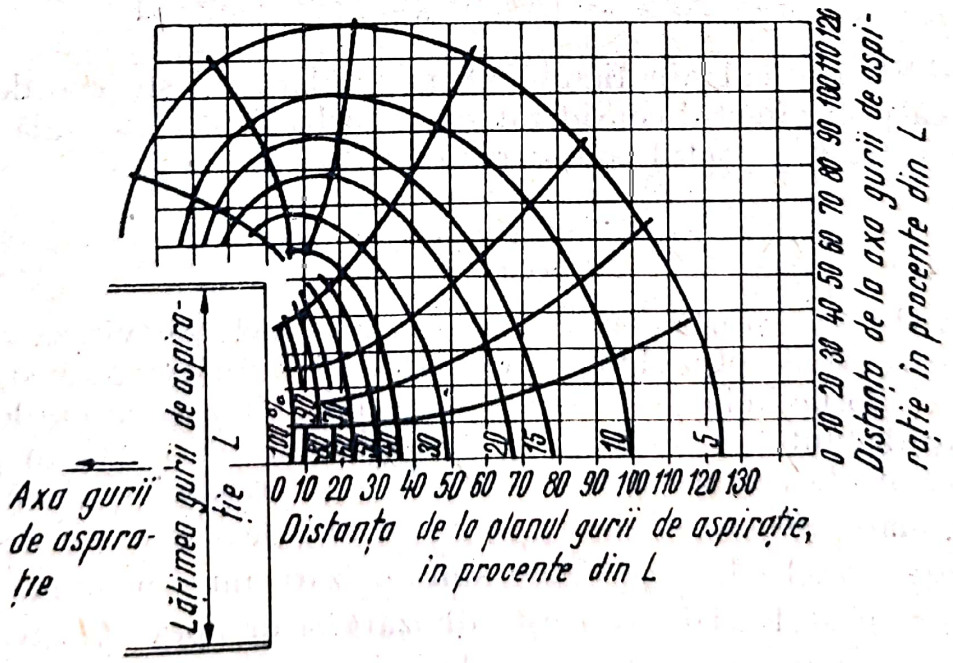


Fig. 5.8. Curbele de viteză egală ale unei deschideri circulare cu diametrul d sau ale unei deschideri pătrate cu latura L.

Scanned with OKEN Scanner

Se observă că la o distanță de deschidere de numai 21 cm, viteza pe axă a scăzut la jumătate.

■ Dacă se consideră un alt punct situat tot pe axă, dar la o distanță dublă de cazul precedent, și anume de 0,42 m de la planul deschiderii de aspirație, se determină următoarele :

— distanța exprimată în procente este :

$$\frac{0,42}{0,7} \cdot 100 = 60\% ;$$

— în graficul din figura 5.8, la această distanță, prin punctul situat pe axă trece curba de viteză egală, de 24% ;

— viteza aerului în punctul considerat este deci :

$$v_p = \frac{24}{100} \cdot v = \frac{24}{100} \cdot 4 = 0,96 \text{ m/s.}$$

Se observă că, dacă distanța de la punctul pe axă s-a dublat, viteza a scăzut de aproape patru ori. De reținut cît de repede scade viteza cu depărtarea față de deschiderea de aspirație.

Dacă punctul considerat s-ar găsi la o depărtare de 0,49 m de la planul deschiderii de aspirație și, în același timp și la o distanță de 0,35 m de la axa gurii, distanțele respective exprimate în procente din diametru ar fi :

$$\frac{0,49}{0,7} \cdot 100 = 70\% \quad \text{și} \quad \frac{0,35}{0,7} \cdot 100 = 50\% .$$

Situînd în graficul din figura 5.8 punctul cu aceste coordonate, se observă că prin punctul considerat trece curba de viteză egală de 13%. Viteza aerului în punctul considerat este deci :

$$v_p = \frac{13}{100} \cdot 4 = 0,52 \text{ m/s.}$$

În figurile 5.9 și 5.10 sînt reprezentate curbele de viteză egală ale unor deschideri dreptunghiulare cu raportul laturilor 2 : 3 și, respectiv, 1 : 2. Valorile indicate pe curbe reprezintă vitezele curenților de aer la diferite distanțe de deschiderea de aspirație, exprimate în procente din viteza medie în deschidere. Curbele sînt trasate pe două planuri perpendiculare, fiecare trecînd prin cîte o axă de simetrie a deschiderii de aspirație. Axele de coordonate sînt divizate într-un număr de unități egale ; în aceleași unități este divizată și dreapta de intersecție a celor două planuri, care este în același timp și axa gurii de aspirație. Față de diviziunile axelor de coordonate, laturile deschiderilor de aspi-

Scanned with OKEN Scanner

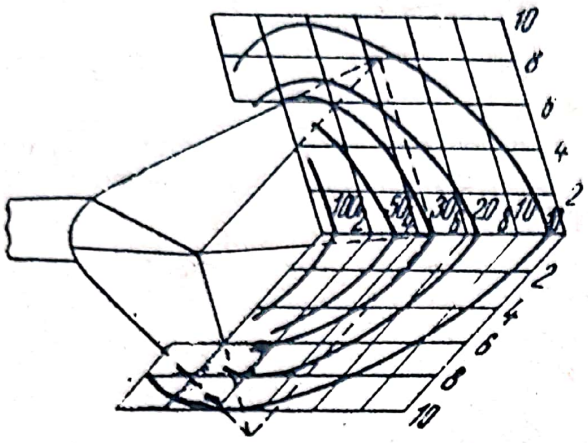


Fig. 5.9. Curbele de viteză egală ale unei deschideri dreptunghiulare cu raportul laturilor 2 : 3.

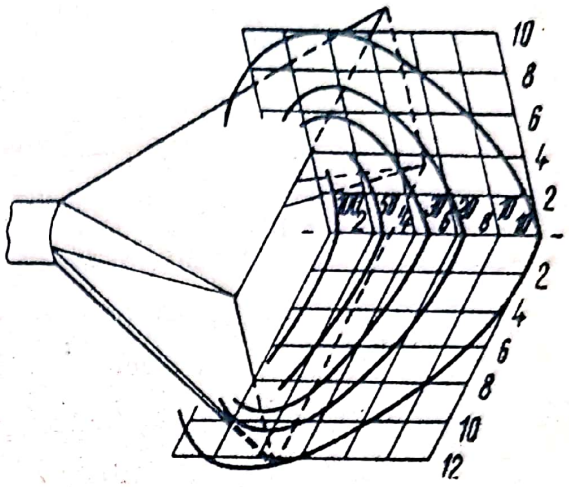


Fig. 5.10. Curbele de viteză egală ale unei deschideri dreptunghiulare cu raportul laturilor 1 : 2.

rație au un număr întreg de unități care poate fi citit pe figura respectivă. Astfel, de exemplu, deschiderea de aspirație din figura 5.9 are o latură cu lungimea de $2 \times 4 = 8$ unități, iar cealaltă latură cu lungimea de $2 \times 6 = 12$ unități. Distanțele de la un punct din fața deschiderii pînă la planul acesteia se citesc în aceleași unități.

Aplicație

Se dau două deschideri de aspirație dreptunghiulare, avînd aceeași arie $A = 0{,}375$ m², același debit de aer $D = 0{,}75$ m³/s și aceeași viteză în planul de aspirație $v_0 = 2$ m/s. Una din deschideri are dimensiunile $0{,}500 \times 0{,}750$ m (raportul laturilor 2/3), iar cealaltă are dimensiunile $0{,}433 \times 0{,}866$ m (raportul laturilor 1/2). Se cere viteza curentului de aer creat de fiecare din deschiderile de aspirație într-un punct situat pe axă la o distanță de 0,4 m.

Pentru deschiderea cu raportul laturilor de 2/3 se folosesc datele din figura 5.9. Dimensiunile deschiderii se exprimă în unități astfel: la latura de 0,75 m corespund, conform figurii, 12 unități, iar la latura de 0,5 m, un număr de 8 unități. De aici se deduce că la 0,1 m corespunde:

$$\frac{0{,}1 \cdot 12}{0{,}75} = \frac{0{,}1 \cdot 8}{0{,}5} = 1{,}6 \text{ unități.}$$

Punctul considerat se găsește deci pe axă la o distanță de:

$$\frac{0{,}4}{0{,}1} \cdot 1{,}6 = 6{,}4 \text{ unități.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Fixînd poziția punctului în figura 5.9, se găsește că viteza aerului este de 20% din viteza medie în planul deschiderii, adică :

$$v_p = \frac{2 \cdot 20}{100} = 0{,}4 \text{ m/s.}$$

Cea de-a doua deschidere are una din laturi de 0,866 m la care corespund, conform datelor din figura 5.10, 16 unități și a doua latură de 0,433 m, la care corespund 8 unități. Se deduce că la 0,1 m corespund :

$$\frac{0{,}1 \cdot 16}{0{,}866} = \frac{0{,}1 \cdot 8}{0{,}433} = 1{,}85 \text{ unități,}$$

iar la distanța de 0,4 m corespund :

$$\frac{0{,}4}{0{,}1} \cdot 1{,}85 = 7{,}40 \text{ unități.}$$

Punctul pe axa deschiderii la distanța de 7,4 unități de aceasta se găsește, în figura 5.10 pe curba de viteză egală de 16%.

Viteza în acest punct este, deci :

$$\frac{16 \cdot 2}{100} = 0{,}32 \text{ m/s.}$$

Această aplicație arată că, în aceleași condiții, cu cît raportul dintre laturile unei deschideri dreptunghiulare este mai mare, cu atît este mai slab cîmpul de absorbție pe care îl creează. Rezultă că, în condiții identice de suprafață, debit și viteză, gurile pătrate și rotunde sînt cele mai eficace, iar fantele cele mai puțin eficace.

2. CALCULUL GURILOR DE ASPIRAȚIE

Calculul unei guri de aspirație înseamnă a determina dimensiunile, debitul și viteza în planul deschiderii de aspirație, astfel încît, la distanța utilă, să creeze un curent de aer cu viteza necesară pentru antrenarea substanțelor nocive.

— Viteza curentului de aer necesar pentru antrenarea particulelor depinde nu numai de mărimea și de greutatea acestora, ci și de faptul dacă particulele au sau nu o mișcare proprie în punctele de generare (tabela 5.2).

— Dimensiunile gurilor de aspirație se stabilesc în practică astfel încît deschiderea lor să fie suficient de mare pentru a capta toate particulele degajate.

Aceste dimensiuni se determină deci nu prin calcul, ci în funcție de mărimea sursei de generare a suprafeței nocive.

— Distanța de la gura de aspirație la locul de degajare se stabilește geometric, fără calcule, știind că eficacitatea gurii este cu atît mai

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 5.2

Vitezele minime ale curenților de aer în punctele de generare pentru antrenarea particulelor nocive

Modul de generare a substanțelor nocive	Viteza minimă a aerului	Natura procesului
Generare fără mișcare vizibilă a particulelor	0,25—0,5	Evaporare, decupare, spălare, degresare, metalizare, sudare
Generare cu viteză mică	0,5 — 1	Vopsire cu pistolul, sortare, cîntărire, ambalare, puncte de descărcare de pe benzi cu viteză mică, malaxare, umplere
Generare activă	1 —2,5	Grătare, puncte de descărcare de pe benzi cu viteză mare, concasare, cernere
Generare cu mare forță	2,5— 10	Polizare, șlefuire, curățire abrazivă

mare, cu cît este mai apropiată de sursa de generare. Este evident că amplasarea gurii de aspirație în vecinătatea locului de lucru nu trebuie să împiedice nici pe muncitor și nici desfășurarea normală a procesului tehnologic.

După ce dimensiunile gurii și distanța pînă la punctul de degajare au fost stabilite, se alege, din tabela 5.2, viteza curentului de aer necesară în acest punct. Pe baza acestei viteze și cunoscînd cîmpul de absorbție creat de deschiderea de aspirație se determină viteza necesară în planul gurii, în conformitate cu indicațiile date la paragraful precedent. Produsul dintre această viteză și aria deschiderii reprezintă debitul de aer ce trebuie aspirat prin gură.

Aplicație

O baie de galvanizare cu dimensiunile de $1{,}0 \times 0{,}5$ m se prevede cu o hotă montată deasupra băii la o distanță de 0,6 m (fig. 5.11). Se cere debitul de aer aspirat prin hotă.

Pentru a acoperi mai bine baia, marginile hotei depășesc marginile băii cu cîte 0,4 m de fiecare parte, astfel încît, conform figurii 5.11, dimensiunile hotei sînt $1{,}8 \times 0{,}9$ m.

Pentru a asigura o antrenare eficace a gazelor și vaporilor, viteza aerului la marginea băii, în punctul P, trebuie să fie de 0,4 m/s, conform tabelei 5.2.

Se observă că deschiderea de aspirație a hotei este un dreptunghi cu raportul laturilor 1/2. Cîmpul de absorbție creat de hotă este deci cel reprezentat de graficul din figura 5.10.

La 0,1 m lungime reală corespunde în grafic

$$\frac{0{,}1 \cdot 16}{1{,}8} = \frac{0{,}1 \cdot 8}{0{,}9} = 0{,}89 \text{ unități.}$$

Scanned with OKEN Scanner

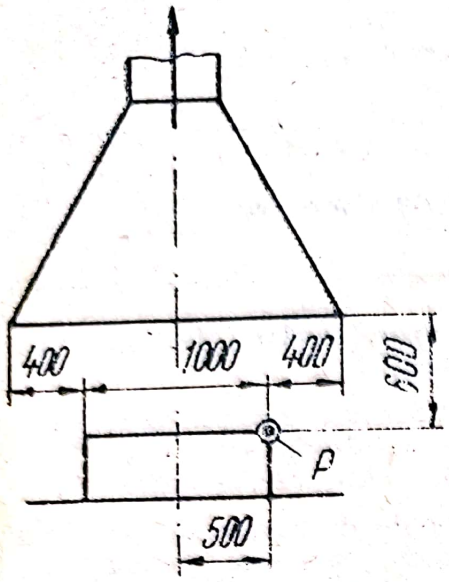


Fig. 5.11.

Ca urmare, punctul P este situat față de planul de aspirație la o distanță măsurată în plan orizontal de :

$$\frac{0,6}{0,1} \cdot 0,89 = 5,34 \text{ unități},$$

iar față de axa deschiderii, la o distanță măsurată în plan vertical de :

$$\frac{0,5}{0,1} \cdot 0,89 = 4,45 \text{ unități}.$$

Fixînd poziția punctului P în graficul din figura 5.10 se constată că se situează aproximativ pe curba de viteză egală de 20%. Cum viteza curentului de aer trebuie să fie în acest punct de 0,4 m/s, rezultă că în planul deschiderii de aspirație viteza va trebui să aibă valoarea :

$$\frac{0,4}{20} \cdot 100 = 2 \text{ m/s}.$$

Debitul de aer aspirat prin hotă este :

$$1,8 \cdot 0,9 \cdot 2 = 3,24 \text{ m}^3/\text{s}.$$

C. DISTRIBUIREA AERULUI ÎN ÎNCĂPERI

Calitatea instalațiilor de ventilare și condiționare depinde de modul în care este făcută distribuirea aerului curat în zona ocupată de oameni.

O distribuție corectă a aerului într-o încăpere trebuie să realizeze :

— o repartiție uniformă a temperaturii aerului în întreaga zonă ocupată de oameni ;

— înlăturarea curenților de aer care pot provoca inconfortul ;

— evitarea zonelor de stagnare (zone în care aerul este în nemișcare) ;

— amestecarea aerului proaspăt introdus cu aerul viciat din încăpere astfel încît în interiorul acesteia să nu se formeze zone cu concentrații mari de substanțe nocive.

■ În general, introducerea aerului într-o încăpere se efectuează prin guri de refulare repartizate uniform pe una sau mai multe laturi ale încăperii.

Acest mod de distribuire a aerului dă rezultate bune, în cazurile în care degajările de căldură sau de substanțe nocive din încăpere se produc în mod uniform în întregul cuprins al acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

Acesta este în general cazul încăperilor din clădirile social-culturale (săli de spectacol, săli de conferințe etc.), din clădirile comerciale (magazine, restaurante etc.) și din numeroase clădiri industriale (filaturi, țesătorii, ateliere mecanice, hale cu mașini de prelucrare a lemnului etc.).

Deseori, în halele industriale, degajările de căldură sau de substanțe nocive sînt concentrate în anumite zone din încăpere. Așa este, de exemplu, în : halele de tratament al metalelor, halele de prese din industria lemnului, halele de laminoare, vopsitorii etc. În asemenea situații, introducerea aerului nu mai este uniform repartizată în încăpere, ci se concentrează, la rîndul ei, în zonele cu degajări mari. Scopul introducerii aerului curat proporțional cu cantitatea degajărilor din zona respectivă este, așa cum s-a arătat, realizarea unei repartiții uniforme a temperaturii sau concentrației de substanțe nocive în tot cuprinsul zonei de lucru.

O repartiție perfect uniformă a temperaturii aerului în zona de lucru se poate obține cu instalații speciale și costisitoare. Din această cauză, în cazurile obișnuite în practică, se admite ca între două puncte oarecare situate în zona ocupată de oameni să existe o diferență maximă de temperatură de 1,5...2°C.

Parametrii optimi de stare ai unui curent de aer pentru realizarea condițiilor de confort sînt : viteza 0,125 m/s, temperatura 23...25°C și umiditatea relativă 25—60%.

Modul în care se realizează distribuția aerului într-o încăpere depinde în special de amplasarea și tipul constructiv al gurilor de refulare, precum și de parametrii jeturilor pe care le creează. Viteza în planul gurii de refulare, temperatura aerului primar și bătaia jetului sînt factori care influențează în mod deosebit forma cîmpului de distribuție.

Gurile de aspirație, datorită razei lor mici de acțiune, au un efect redus asupra cîmpului de distribuție, dar modul în care sînt amplasate contribuie substanțial la egalizarea condițiilor de stare a aerului în încăperile servite.

Cîmpul de distribuție din încăperea ilustrată în figura 5.12 este același în ambele cazuri, deoarece forța jeturilor imprimă aerului o mișcare care este puțin influențată de acțiunea slabă a gurilor de aspirație. În schimb, temperatura aerului în schema *b* va fi mult mai uniform repartizată în încăpere decît în schema *a*. În acest din urmă caz, aerul introdus se adună la capătul încăperii unde sînt amplasate gurile de aspirație și creează o supraîncălzire a acestei zone în raport cu restul încăperii.

Scanned with OKEN Scanner

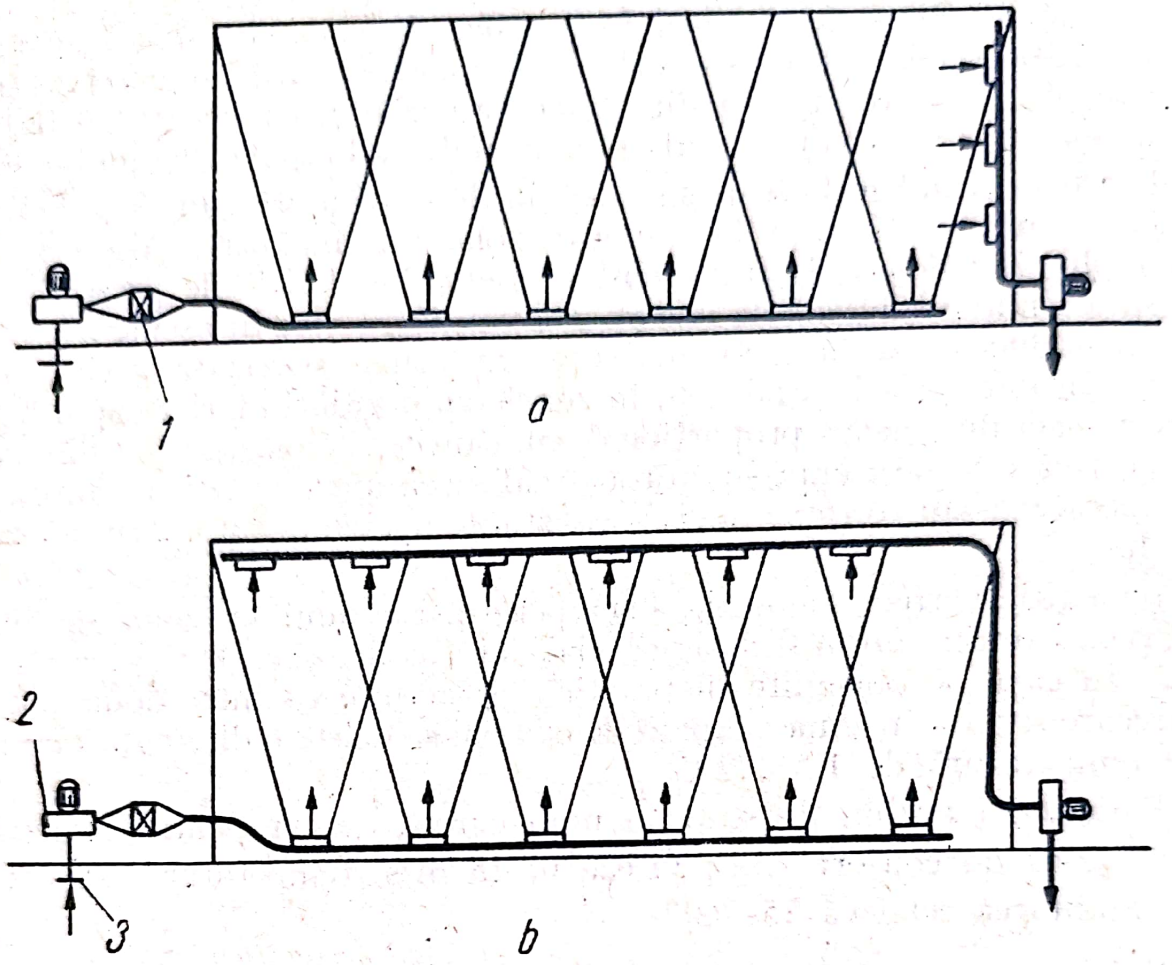


Fig. 5.12. Poziția gurilor de aspirație nu influențează forma cîmpului de distribuție : *1* — baterie de încălzire ; *2* — ventilator ; *3* — priză de aer proaspăt.

Verificarea cunoștințelor

5.1. *Jeturile de aer cu bătaia cea mai mare sînt produse de gurile de refulare:*

a) *libere ;*

b) *cu jaluzele paralele la axa jetului ;*

c) *cu jaluzele divergente ;*

d) *cu jaluzele convergente ?*

5.2. *Jeturile de aer cu bătaia cea mai mică sînt produse de gurile de refulare avînd forma :*

a) *rotundă ;*

b) *pătrată ;*

c) *dreptunghiulară ;*

d) *de fantă ?*

Scanned with OKEN Scanner

5.3. *Distribuția optimă a aerului în încăperi este asigurată de guri de refulare care produc jeturi cu :*

a) *turbulență mare ;*
b) *viteză mare ;*
c) *bătaie mare ?*

5.4. *Se dau o deschidere de ventilare și un punct situat la o anumită distanță în fața deschiderii și pe axa acesteia. Dacă deschiderea lucrează ca o gură de aspirație viteza aerului în punctul considerat este :*

a) *mai mare ;*
b) *mai mică ;*
c) *egală față de situația cînd deschiderea lucrează ca o gură de refulare ?*

5.5. *Față de o gură de refulare, la o gură de aspirație viteza aerului de-a lungul axei geometrice scade :*

a) *mai repede ;*
b) *mai lent ;*
c) *la fel ?*

5.6. *În condiții egale de arie, debit și viteză, gurile de aspirație care produc cel mai puternic cîmp de absorbție au forma :*

a) *rotundă ;*
b) *pătrată ;*
c) *dreptunghiulară ;*
d) *de fantă ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 6

CURGEREA AERULUI ÎN CONDUCTE

Curgerea aerului în conducte constituie unul din procesele de bază ale ventilării și condiționării aerului. Cunoașterea acestui fenomen și a legilor după care se conduce este indispensabilă pentru înțelegerea modului de funcționare și de reglaj a rețelelor de conducte.

A. ELEMENTELE DE TEORIE A CURGERII

1. REGIMURILE DE CURGERE

Observații efectuate asupra deplasării fluidelor în interiorul conductelor arată că aspectul curgerii este caracteristic pentru anumite condiții date.

Într-o conductă avînd anumite dimensiuni date, la viteze mici de curgere, particule colorate în suspensie în fluid arată o mișcare ordonată a acestuia. Pe porțiunile drepte ale conductei, traiectoriile particulelor sînt rectilinii, paralele cu axa conductei ; firele de curent care se formează par să lunece unele de-a lungul celorlalte, păstrîndu-și tot timpul individualitatea. La curbe, liniile care arată traiectoriile particulelor formează un sistem ordonat. Acest *regim de curgere* se numește *laminar*.

La viteze de curgere mai mari, în aceeași conductă, forma rectilinie a traiectoriilor dispare, fiind înlocuită de o formă sinusoidală, variabilă în timp. Regimul de curgere devine nestabil ; acesta este *regimul de curgere intermediar*.

Scanned with OKEN Scanner

La viteze și mai mari de deplasare a fluidului, conducta rămînînd aceeași, aspectul curgerii se modifică complet. Dispare orice traiectorie rectilinie și orice sistem ordonat. Particulele parcurg un drum întortocheat, neregulat, dezordonat, capătă deplasări nu numai în lungul axei conductei, ci și în unghi față de aceasta, revin adesea înapoi, iar traiectoriile lor se întretaie și se modifică continuu. Acesta este *regimul de curgere turbulent*.

2. VITEZA DE CURGERE. DEBITUL DE FLUID

■ În regim laminar, deplasarea unui fluid într-o conductă este caracterizată, în fiecare punct de pe secțiunea conductei, de viteza de curgere v [m/s], care este o mărime vectorială, deoarece are o direcție și un sens.

Vitezele de curgere nu au aceeași valoare pentru toate punctele de pe secțiunea conductei. Experiențele efectuate asupra curgerii în regim laminar arată că vectorul vitezei în axa conductei are mărimea maximă și că această mărime scade către pereții conductei. Pentru un punct situat pe perete, $v = 0$. Profilul vitezelor în secțiunea transversală (fig. 6.1) este o parabolă, deci viteza medie a fluidului este egală cu jumătate din viteza în axă.

Dacă masa de fluid curge regulat de la o extremitate la alta a unei porțiuni de conductă, fără pierdere și fără cîștig de materie, debitul de fluid care trece prin conductă în regim staționar rămîne identic de la un capăt la altul și are expresia :

$$D = v_m A \ [\mathrm{m^3/s}] \tag{6.1}$$

sau

$$G = \rho v_m A \ [\mathrm{kg/s}], \tag{6.2}$$

în care :

v_m este viteza medie de curgere, în m/s ;
A — aria secțiunii transversale a conductei, în $\mathrm{m^2}$;
ρ — masa specifică a fluidului, în $\mathrm{kg/m^3}$.

■ La curgerea în regim turbulent, viteza în fiecare punct nu mai este constantă, ca în cazul curgerii laminare, ci variază ca direcție și oscilează ca valoare.

Repartiția vitezelor în secțiunea transversală a conductei se face după un profil de forma celor indicate în figura 6.2. Curba de repartiție este o parabolă aplatisată. În stratul de fluid din imediata vecinătate a pereților scăderea vitezei are loc aproximativ liniar, pînă la valoarea limită $v = 0$, pentru punctele situate chiar pe perete.

Scanned with OKEN Scanner

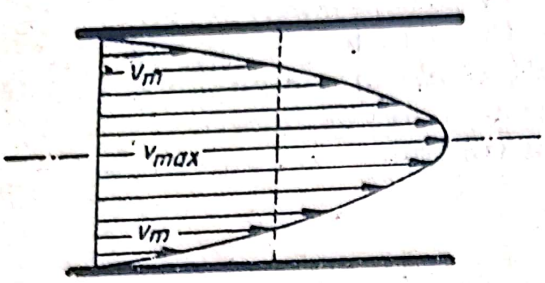


Fig. 6.1. Profilul vitezelor la curgerea laminară.

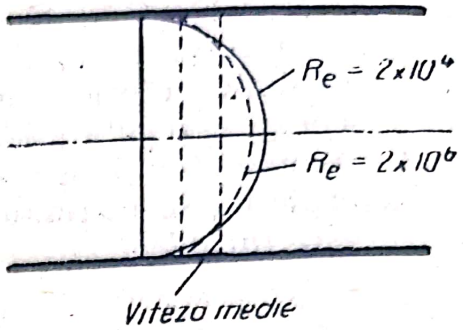


Fig. 6.2. Profilul vitezelor la curgerea turbulentă.

Viteza medie a curgerii are o direcție paralelă cu axa conductei, iar raportul v_m/v_{max} nu mai este constant și egal cu 1/2 ca în regim laminar, ci are o valoare variabilă ; cu aproximație se poate admite că $v_m/v_{max} = 0{,}8 - 0{,}9$.

La curgerea turbulentă, debitul de fluid ce se deplasează în conductă, în regim staționar, este definit de aceleași relații (6.1) și (6.2) ca cele indicate pentru curgerea laminară.

3. VISCOZITATEA

Explicarea fenomenelor care însoțesc curgerea, descrise mai înainte, se face prin analizarea proprietăților fluidelor și a naturii suprafețelor de-a lungul cărora lunecă. Una dintre proprietățile fluidelor care are efectele cele mai generale asupra curgerii lor este *viscozitatea*.

Viscozitatea este acea proprietate a fluidelor în virtutea căreia acestea, datorită forțelor de coeziune moleculară, rezistă la schimbările momentane în forma și dispoziția particulelor. În cazul fluidelor în mișcare acționează proprietatea denumită viscozitate dinamică, care este rezistența opusă de o porțiune de fluid la deplasarea paralelă a unei alte porțiuni adiacente. Această rezistență provine din frecarea internă care ia naștere la deplasarea unuia față de celălalt a straturilor de fluid învecinate.

Pentru a se înțelege această proprietate a fluidelor, se consideră două plăci egale, cu suprafața S, dispuse paralel, la o distanță x, spațiul dintre ele fiind umplut cu fluid. Se admite că o placă rămîne fixă, iar cealaltă se deplasează în planul ei cu viteza v. Un strat foarte subțire rămîne aderent la fiecare placă, datorită forțelor moleculare care acționează la limita dintre cele două corpuri. Stratul de fluid care aderă la placa fixă va rămîne imobil, în timp ce stratul de fluid care aderă la placa mobilă se va deplasa odată cu aceasta, cu viteza v. Considerînd stratul de fluid dintre cele două plăci împărțit în multe straturi subțiri, acestea se vor mișca cu viteze crescînd de la 0 la v, între ele producîndu-se forțe de forfecare care dau naștere la frecări. După legea lui Newton

Scanned with OKEN Scanner

aceste forțe sînt direct proporționale cu viteza relativă de deplasare și cu mărimea suprafețelor de contact S dintre straturi, depinzînd de natura fluidului și nu de presiunea acestuia.

Raportul dintre viscozitatea dinamică η și masa specifică a fluidului ρ se numește viscozitate cinematică și se notează cu ν:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [m^2/s]. \tag{6.3}$$

4. RUGOZITATEA

Rugozitatea este o calitate a pereților conductelor determinată de înălțimea medie a asperităților, de variația înălțimilor reale ale acestora în jurul înălțimii medii, de forma asperităților și de dispoziția lor relativă. Această calitate influențează puternic curgerea în conducte și în special pierderile de energie care însoțesc curgerea.

Datorită diversității și complexității factorilor geometrici care determină rugozitatea, definirea exactă a acesteia este foarte dificilă. Din această cauză în practică se admite o noțiune simplificată, care ține seama numai de înălțimea asperităților, denumită rugozitate absolută. Mărimea utilizată este raportul ε/d, dintre valoarea medie a rugozității absolute și diametrul conductei, denumită rugozitate relativă.

În tabela 6.1 se indică cîteva valori adoptate în practică pentru rugozitatea absolută a pereților conductelor de aer confecționate din diferite materiale.

TABELA 6.1

Rugozitatea absolută a pereților conductelor de aer

Natura peretelui	Clasa de rugozitate	Rugozitatea absolută, ε, m
Sticlă	foarte neted	$0{,}045 \times 10^{-5}$
Cupru, plastic, aluminiu	neted	$0{,}2 \times 10^{-5}$
Azbociment	neted	$1{,}5 \times 10^{-5}$
Tablă zincată	mediu	15×10^{-5}
Beton sclivisit, neted	mediu	50×10^{-5}
Beton obișnuit	rugos mediu	100×10^{-5}
Plăci din beton de zgură	rugos mediu	150×10^{-5}
Zidărie de cărămidă	foarte rugos	200×10^{-5}
Oțel nituit	foarte rugos	300×10^{-5}
Beton grosier	foarte rugos	500×10^{-5}
Tencuială pe rabiț	foarte rugos	$(1\,000 \ldots 1\,500) \times 10^{-5}$

Scanned with OKEN Scanner

5. NUMĂRUL LUI REYNOLDS. STAREA CRITICĂ

Cercetînd condițiile care determină caracterul curgerii, Reynolds a stabilit că regimul de curgere este definit de numărul adimensional, care îi poartă numele.

$$\mathrm{Re} = \frac{vd\rho}{\eta} = \frac{vd}{\nu}, \tag{6.4}$$

unde :

v este viteza aerului în conductă, în m/s ;
d — diametrul conductei, în m ;
ρ — masa specifică a fluidului, în kg/m³ ;
η — viscozitatea dinamică a fluidului, în N·s/m² ;
ν — viscozitatea cinematică a fluidului, în m²/s.

Numărul lui Reynolds reprezintă un raport între forțele de inerție și forțele de viscozitate ale fluidului.

La viteze reduse de deplasare a fluidului, forțele de inerție sînt mici, predomină forțele de viscozitate și se stabilește un regim laminar de curgere. La viteze mari, forțele de inerție predomină, iar curgerea intră în regim turbulent.

S-a dovedit experimental că trecerea de la un regim de curgere la altul se face la o valoare a numărului lui Reynolds de 2 320. Această trecere nu se face brusc. În condiții de laborator s-a determinat că modificarea regimului laminar începe la Re ≈ 2 000 și se desăvîrșește în regim turbulent la Re ≈ 10 000. În zona dintre aceste două valori ale numărului Reynolds are loc regimul de curgere intermediar.

În instalațiile de ventilare și condiționare a aerului, diametrul minim adoptat în practică este de 100 mm, iar viteza minimă de 4 m/s.

În starea normală tehnică, la temperatura aerului de 20°C, viscozitatea cinematică a aerului $\nu = 15{,}1 \times 10^{-6}$ m²/s. Numărul lui Reynolds corespunzător acestor condiții este :

$$\mathrm{Re} = \frac{4 \times 0{,}1}{15{,}1} 10^6 = 26\,500$$

și arată că, în mod general, *curgerea aerului în instalațiile de ventilare și condiționare este caracterizată de un regim turbulent stabil.*

Numărul lui Reynolds are influență asupra profilului vitezelor (v. fig. 6.2). Cu cît numărul Re este mai mare, deci cu cît curgerea are un caracter turbulent mai pronunțat, cu atît profilul vitezelor este mai aplatisat (distribuția vitezelor în secțiune este mai uniformă).

Scanned with OKEN Scanner

6. ECUAȚIILE FUNDAMENTALE ALE CURGERII

Un fluid ideal este definit ca fiind incompresibil și având viscozitatea zero.

Curgerea unui fluid se produce în regim staționar cînd în orice punct al curentului mărimile care influențează curgerea (viteza, debitul etc.) rămîn invariabile în timp.

Curgerea liniară sau într-o singură dimensiune a fluidului are loc cînd starea de mișcare se schimbă în lungul unei linii, variațiile după o direcție perpendiculară pe această linie fiind puțin importante (de exemplu curgerea într-o conductă dreaptă).

Fenomenul curgerii într-o singură dimensiune a unui fluid ideal în regim staționar este descris matematic de două ecuații : ecuația de continuitate sau de conservare a masei de fluid și ecuația de conservare a energiei.

Ecuația de continuitate exprimă că la curgerea staționară printr-o conductă închisă, fără pierderi sau aporturi de fluid prin neetanșeitățile conductei, prin fiecare secțiune transversală a acesteia trece în unitatea de timp aceeași masă de fluid. Cum cantitatea de fluid care curge printr-o secțiune în unitatea de timp definește debitul [v. relația (6.1) sau (6.2)], ecuația de continuitate se scrie sub forma :

$$\rho v A = \text{ct.} \tag{6.5}$$

Fără pierdere și fără adaos de fluid între două puncte *1* și *2* ale curentului rezultă :

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2. \tag{6.6}$$

În cazul fluidului incompresibil, masa specifică nu variază de-a lungul curentului $\rho_1 = \rho_2$ și ecuația de continuitate devine :

$$v_1 A_1 = v_2 A_2. \tag{6.7}$$

■ Ecuația de conservare a energiei pentru curgerea staționară a unui fluid incompresibil și fără viscozitate exprimă că suma tuturor formelor de energie conținute în masa de fluid este egală cu energia produsă de fluid. Ecuația de conservare a energiei se scrie :

$$\frac{1}{2} v^2 + Ju + pV + z + Jq + W = \text{ct.} \tag{6.8}$$

În această ecuație, termenul $\frac{1}{2} v^2$ exprimă energia cinetică a unității de masă a fluidului, v fiind viteza fluidului ; termenul Ju este energia internă a unității de masă a fluidului, J fiind echivalentul mecanic al

Scanned with OKEN Scanner

căldurii ; termenul pV indică lucrul mecanic exterior al unității de masă a fluidului, p fiind presiunea acestuia, iar V volumul său specific ; z este energia conținută în unitatea de masă a fluidului aflat la înălțimea z față de un plan de referință ; termenul Jq exprimă energia pe care o primește unitatea de masă a fluidului prin cantitatea de căldură q transmisă de către mediul exterior ; termenul W exprimă energia produsă de unitatea de masă a fluidului.

La curgerea fluidului ideal în conductă nu se produce nici un lucru mecanic, deci $W = 0$. Dacă fluidul nu schimbă căldura cu mediul exterior, $q = 0$. În aceste condiții schimbările în energia internă sînt neînsemnate și se poate aproxima $u = 0$. Deci, ecuația (6.8) se reduce la forma :

$$\frac{1}{2} v^2 + \frac{1}{\rho} p + z = \text{ct}, \tag{6.9}$$

în care s-a înlocuit volumul specific prin masa specifică.

■ Expresia obținută reprezintă ecuația lui Bernoulli pentru un fluid ideal, incompresibil și care curge fără frecare, deci fără pierdere de energie.

Termenul $v^2/2$ exprimă energia cinetică a fluidului, iar termenul $\left(\frac{p}{\rho} + z\right)$, energia potențială. Ca urmare, ecuația lui Bernoulli arată că în cazul curgerii în regim staționar a unui fluid, care se deplasează fără frecare, suma energiilor cinetică și potențială a fluidului pentru o secțiune oarecare a conductei este o mărime constantă.

Între două puncte care definesc două secțiuni *1* și *2* ale conductei, ecuația lui Bernoulli se scrie :

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + z_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + z_2, \tag{6.10}$$

în care ρ, pentru fluidul incompresibil, nu variază de la o secțiune la alta. Suma termenilor din partea stîngă a egalității reprezintă energia totală în secțiunea *1* a conductei, iar suma termenilor din partea dreaptă a egalității, energia totală a fluidului în secțiunea *2*.

Conform ecuației lui Bernoulli, la curgerea unui fluid ideal, energiile totale în cele două secțiuni sînt egale.

Dacă fluidul curge într-o conductă orizontală, secțiunile *1* și *2* se găsesc la aceeași înălțime față de planul de referință, $z_1 = z_2$, iar ecuația (6.10) capătă forma simplificată :

$$\frac{v_1^2\rho}{2} + p_1 = \frac{v_2^2\rho}{2} + p_2, \tag{6.11}$$

în care, așa cum s-a arătat , termenii $v^2\rho/2$ exprimă energia cinetică a fluidului, iar termenii p energia potențială.

Scanned with OKEN Scanner

7. PRESIUNE STATICĂ, DINAMICĂ ȘI TOTALĂ

Dimensiunile termenilor $v^2\rho/2$ din ecuația (6.10) sînt :

$$\left[\frac{m^2}{s^2} \cdot \frac{kg}{m^3}\right] = \left[kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^2}\right] = \left[\frac{N}{m^2}\right],$$

de unde rezultă că acești termeni au semnificația unei presiuni.

Tot astfel, termenii p, așa cum s-a arătat la ecuația (6.8), reprezintă presiunea fluidului sub care acesta efectuează lucru mecanic.

Ecuația lui Bernoulli : energia cinetică + energia potențială = energia totală, poate fi scrisă deci sub forma :

$$\frac{v^2\rho}{2} + p = p_t, \tag{6.12}$$

în care fiecare termen are semnificația unei presiuni.

Termenul $v^2\rho/2$ corespunzător energiei cinetice se numește presiune dinamică și este acea presiune care se imprimă fluidului pentru a-l scoate din sfera de repaus și a-i întreține mișcarea cu viteza v. Presiunea dinamică este întotdeauna pozitivă și se exercită numai în sensul de mișcare a curentului de fluid.

Termenul p sau, cum este notat de obicei, p_s, corespunzător energiei potențiale, se numește presiune statică și este presiunea exercitată în masa de fluid, în mod egal, în toate direcțiile.

Presiunea statică este în mod convențional definită ca pozitivă sau negativă, după cum în conductă se menține respectiv o presiune superioară sau inferioară presiunii atmosferice.

Prin deschiderile practicate în pereții unei conducte aerul din mediul ambiant va pătrunde în conductă dacă presiunea statică a fluidului care curge este negativă ; de asemenea, fluidul din conductă va ieși în mediul ambiant, dacă presiunea statică este pozitivă.

Presiunea totală este suma algebrică a presiunii statice și dinamice acționînd simultan într-un punct dat al conductei.

■ Ecuația de definiție a presiunii totale derivă din ecuația (6.12) și este deci :

$$p_t = p_s + p_a. \tag{6.13}$$

Presiunile aerului pot fi măsurate cu sonde de presiune și manometre simple realizate din tuburi îndoite în formă de U și umplute cu apă, în conformitate cu schemele din figura 6.3.

Întrucît presiunea statică se exercită în mod egal și după direcții perpendiculare pe direcția de curgere, priza de presiune statică poate fi luată printr-un orificiu practicat în peretele conductei.

Scanned with OKEN Scanner

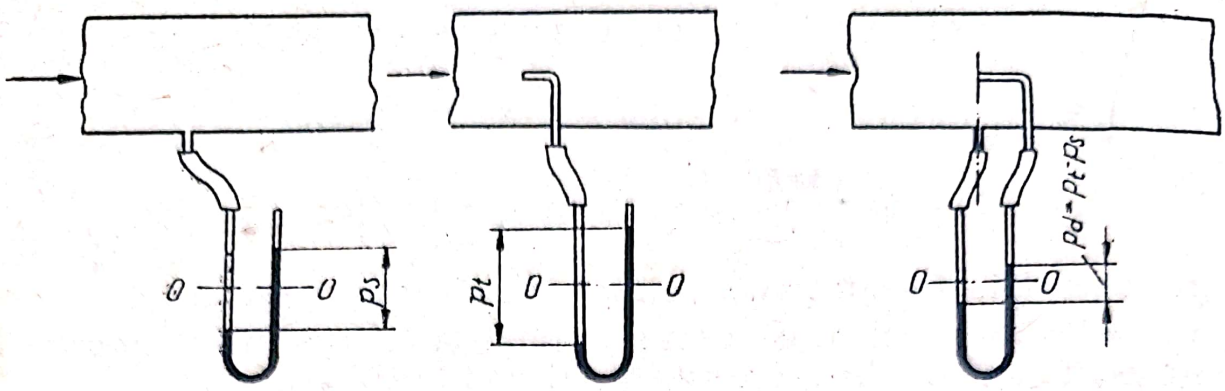


Fig. 6.3. Măsurarea presiunilor fluidului care curge într-o conductă.

Presiunea luată prin sonda introdusă în masa de fluid și îndreptată în sensul de curgere a acestuia este presiunea totală, deoarece conține atît presiunea statică care se exercită în toate direcțiile, deci și în direcția de curgere, cît și presiunea dinamică care se exercită numai în această direcție.

Presiunea dinamică nu poate fi măsurată direct, deoarece oriunde ar fi plasată sonda de presiune, aceasta ar prelua și presiunea statică care se exercită în toată masa de fluid. În conformitate cu ecuația (6.13), presiunea dinamică este $p_d = p_t - p_s$, și, ca atare, dacă manometrul U se leagă cu un capăt la sonda de presiune totală și cu celălalt capăt la sonda de presiune statică, diferența de presiune citită măsoară presiunea dinamică. O riglă gradată în milimetri plasată între ramurile tubului în formă de U ajută la măsurarea înălțimii între cele două meniscuri ale coloanelor de apă ; înălțimea citită exprimă presiunea în mm H_2O. Rigla poate fi gradată și în N/m^2, ținînd seama de relația de corespondență 1 mm H_2O = 9,81 N/m^2.

8. CONVERTIBILITATEA PRESIUNILOR STATICE ȘI DINAMICE

Dacă conducta are o formă și dimensiuni invariabile, ca în figura 6.4, și se consideră două secțiuni *1* și *2*, ecuația lui Bernoulli se scrie :

$$p_{t1} = p_{s1} + p_{d1} = p_{t2} = p_{s2} + p_{d2} \text{ unde } p_{s1} = p_{s2} \text{ și } p_{d1} = p_{d2}.$$

Cînd conducta are secțiuni variabile, ca în figura 6.5, și se admite că fluidul ideal curge fără frecări, deci fără pierderi de energie, presiunile totale în toate secțiunile vor fi egale ($p_{t1} = p_{t2} = \ldots = p_{t6}$), dar presiunile statice și dinamice vor avea valori diferite, variind în raport cu mărimile secțiunilor, suma lor rămînînd însă constantă.

Scanned with OKEN Scanner

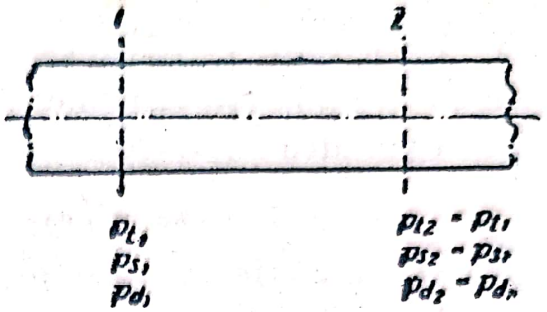


Fig. 6.4. Conductă cu presiuni invariabile.

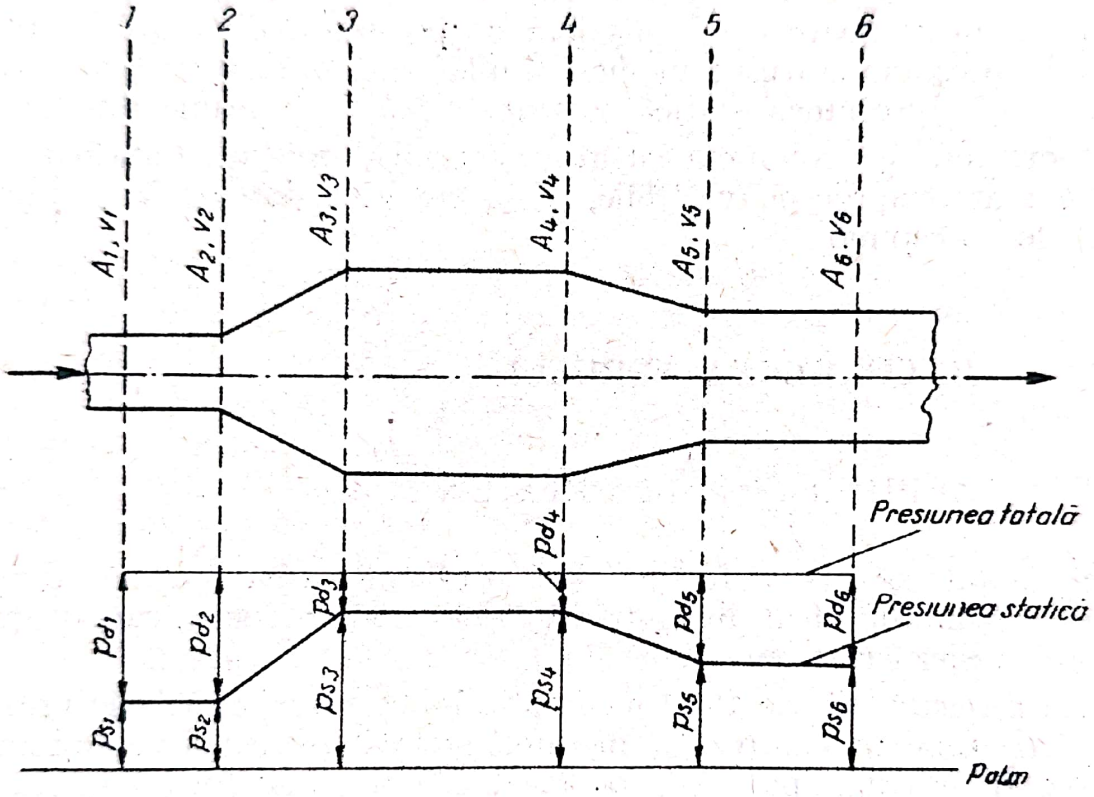


Fig. 6.5. Conversiunea presiunilor într-o conductă cu secțiuni variabile.

Curgerea fiind staționară, debitul de aer care parcurge conducta rămîne constant în timp. Ca urmare, în conformitate cu ecuația de definiție (6.1) și cu ecuația de continuitate (6.7), viteza aerului în secțiunea *3* este mai mică decît viteza aerului în secțiunea *2*, deoarece $A_3 > A_2$. Rezultă că presiunea dinamică $p_d = v^2\rho/2$ este mai mică în secțiunea *3* decît în secțiunea *2*. Scăderea presiunii dinamice de la secțiunea *2* la *3* este însoțită însă de o creștere corespunzătoare a presiunii statice, astfel încît să se mențină egalitatea $p_{t_3} = p_{t_2}$. Această egalitate scrisă sub forma :

$$p_{s_3} + p_{d_3} = p_{s_2} + p_{d_2} \text{ sau } p_{s_3} = p_{s_2} + (p_{d_2} - p_{d_3})$$

arată că mărimea $(p_{d_2} - p_{d_3})$ s-a transformat în presiunea statică.

Scanned with OKEN Scanner

În mod similar, între secțiunile *4* și *5*, presiunea dinamică crește de la p_{d_4} la p_{d_5}, deoarece $v_5 > v_4$. În același timp, presiunea statică scade de la p_{s_4} la p_{s_5}, pentru ca p_{t_4} să rămînă egal cu p_{t_5}.

Din egalitatea $p_{s_5} + p_{d_5} = p_{s_4} + p_{d_4}$ rezultă că :

$$p_{d_5} = p_{d_4} + (p_{s_4} - p_{s_5}),$$

care arată că mărimea $(p_{s_4} - p_{s_5})$ s-a transformat în presiune dinamică.

În porțiunile de conductă de forma celei limitate de secțiunile *2* și *3* (difuzoare) se poate deci considera că presiunea dinamică se transformă în presiune statică ; în mod similar, în confuzoare (porțiuni de forma *4—5)*, presiunea statică se transformă în presiune dinamică.

În porțiunile de conductă cu aria variabilă, presiunile statică și dinamică sînt reciproc convertibile, ca și energiile potențială și cinetică cărora le corespund.

B. CURGEREA AERULUI

1. PIERDERI DE PRESIUNE

Fenomenul curgerii a fost studiat prin adoptarea ipotezei simplificatoare a fluidului ideal (incompresibil și fără viscozitate), care se deplasează fără pierderi de energie.

Aerul nu este însă un fluid incompresibil. La modificări ale presiunii ce se exercită asupra sa rezultă modificări ale densității și volumului său specific. În calculele practice, ipoteza incompresibilității introduce însă erori de cel mult 3%, deoarece variațiile presiunilor exercitate asupra aerului au în mod obișnuit valori extrem de reduse.

Dacă ipoteza incompresibilității poate fi adoptată fără erori sensibile, proprietatea viscozității nule nu mai poate fi admisă, deoarece aerul este un fluid real, avînd o viscozitate bine determinată care, la curgerea în conducte, dă naștere la frecări ale moleculelor de aer atît reciproc cît și față de pereții conductei.

Frecarea este un fenomen care se opune curgerii prin aceea că consumă o parte din energia mecanică a aerului și o degradează transformînd-o în căldură. Fenomenul se repartizează de-a lungul întregului traseu parcurs de aer și se produce în măsură cu atît mai mare, cu cît forțele de frecare și deci vitezele de curgere au valori mai ridicate.

La pierderea din energia totală a aerului, provocată de frecări, corespunde o pierdere din presiunea totală. Semnificația acestei pierderi de presiune rezultă din cele prezentate în continuare.

Scanned with OKEN Scanner

La curgerea fără pierderi, viteza fluidului este, în conformitate cu ecuația (6.12) :

$$v = \sqrt{(p_t - p_s) \cdot \frac{2}{\rho}}.$$

Cînd curgerea este însoțită de pierderea prin frecare Δp_f, viteza aerului devine :

$$v_r = \sqrt{(p_t - \Delta p_f - p_s) \frac{2}{\rho}}.$$

Avînd $v_r < v$, rezultă că pentru o conductă dată, debitul de aer real este mai mic decît cel teoretic, considerat pentru curgerea fără pierderi.

Pentru a menține în curgerea reală un debit egal cu cel teoretic, este necesar să se furnizeze aerului o energie mecanică suplimentară, echivalentă pierderii de presiune Δp_f.

În afară de pierderea de presiune prin frecare, repartizată de-a lungul conductei, curgerea este însoțită și de pierderi locale care se produc în toate zonele în care obstacolele, schimbările de direcție sau modificările secțiunii conductei dau naștere la deformări ale curentului de aer și la vîrtejuri. Întrucît mișcarea vîrtejurilor este întreținută de o energie împrumutată din energia curentului principal, rezultă o diminuare a acesteia din urmă, avînd efecte similare cu cele produse de pierderea de energie provocată de frecare.

Atît frecarea cît și vîrtejurile locale au aspectul unor rezistențe care se opun curgerii și pentru învingerea cărora este necesar să se cheltuiască o energie suplimentară, în scopul de a menține parametrii principali ai curgerii (debitul și presiunea) la aceleași valori pe care le-ar căpăta dacă mișcarea s-ar produce fără pierderi.

Notîndu-se cu Δp_l pierderile provocate de rezistențele locale, pierderea de presiune totală care însoțește curgerea este :

$$\Delta p = \Delta p_f + \Delta p_l. \tag{6.14}$$

Datorită pierderilor de presiune care se produc între două secțiuni oarecare *1* și *2* ale unei conducte, ecuația lui Bernoulli aplicată la curgerea reală se scrie, în conformitate cu expresia (6.11) :

$$\frac{v_1^2 \rho}{2} + p_{s1} = \frac{v_2^2 \rho}{2} + p_{s2} + \Delta p. \tag{6.15}$$

Scanned with OKEN Scanner

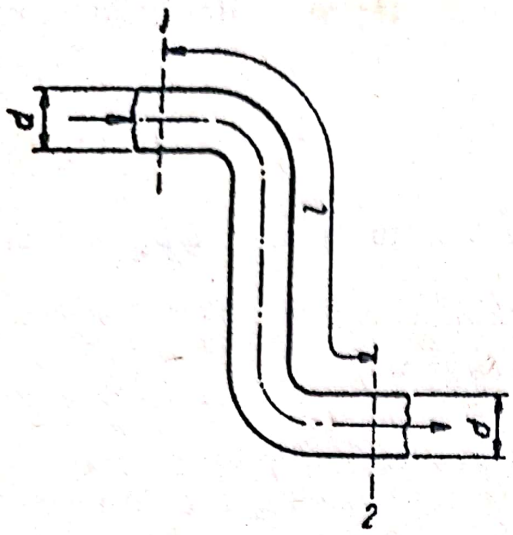


Fig. 6.6. Conductă cu secțiune constantă.

În cazul particular al curgerii aerului într-o conductă cu secțiune constantă (v. fig. 6.6), viteza aerului rămîne neschimbată și, ca atare, presiunile dinamice în două secțiuni oarecare *1* și *2* au aceeași valoare. Pentru $v_1 = v_2$, ecuația (6.15) devine :

$$p_{s1} = p_{s2} + \Delta p$$

sau

$$p_{s1} - p_{s2} = \Delta p. \qquad (6.16)$$

Această ecuație arată că presiunea statică în punctul *2* este mai mică decît în punctul *1*, diferența dintre ele reprezentînd, în cazul secțiunii constante a conductei, o pierdere de presiune statică. La curgerea aerului de la secțiunea *1* la secțiunea *2*, presiunea statică s-a redus cu Δp.

2. PIERDERI PRIN FRECARE. DIAMETRUL ECHIVALENT

Pierderea de presiune prin frecare corespunde unei rezistențe care se opune la mișcarea aerului. Este rațional, deci, de a exprima această rezistență în fracțiuni de presiune dinamică :

$$\Delta p_f = R_f \frac{v^2 \rho}{2}, \qquad (6.17)$$

în care R_f este coeficientul de rezistență.

Pe baza legii lui Newton, forța de frecare și rezistența de frecare a unui fluid în mișcare depinde de viscozitatea lui și de viteza sa de deplasare și este deci o funcție a numărului lui Reynolds.

Rezistența de frecare este cu atît mai mare, cu cît lungimea l [m] a conductei este mai mare și cu cît diametrul interior d [m] al acesteia este mai mic.

Ca urmare, coeficientul de rezistență la frecare a unui fluid în mișcare poate fi exprimat, în formă generală, prin ecuația :

$$R_f = \frac{l}{d} f(Re). \qquad (6.18)$$

Scanned with OKEN Scanner

Înlocuind expresia lui R_f din ecuația (6.18) în (6.17), se obține :

$$\Delta p_f = f(Re) \frac{l}{d} \frac{v^2 \rho}{2}. \tag{6.19}$$

Funcția $f(Re)$ din ecuația (6.19) se numește coeficient de frecare și se notează cu λ. Ecuația (6.19) se scrie deci în formă definitivă :

$$\Delta p_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2 \rho}{2} \quad [N/m^2], \tag{6.20}$$

și este ecuația generală a rezistenței de frecare întîmpinată la curgerea fluidului în conducte drepte cu secțiuni circulare.

Expresia coeficientului de frecare λ este complicată și, din această cauză, pentru calculele practice s-au întocmit tabele în care, pentru valori date ale debitului și vitezei aerului, precum și ale diametrului conductei circulare, se citesc valorile Δp_f corespunzătoare. De obicei aceste tabele indică valori pentru pierderea de presiune în conducte circulare cu lungimea de 1 m, denumită pierderea de presiune unitară și notată cu :

$$R = \frac{\Delta p_f}{l}.$$

După determinarea, din tabele, a pierderii de presiune unitare R, pe baza valorilor date ale debitului, vitezei și diametrului, pierderea de presiune prin frecare pe o lungime oarecare l a conductei se calculează din produsul $\Delta p_f = Rl$.

■ Dacă conducta de aer are o formă rectangulară, se determină mai întîi diametrul echivalent d_e al acestei conducte, iar în tabelele de calcul se folosește valoarea d_e obținută.

Prin diametru echivalent al unei conducte rectangulare se înțelege diametrul unei conducte cilindrice în care pierderea de presiune datorită frecărilor este aceeași ca în conducta rectangulară, în cazul unei curgeri a aerului cu aceeași viteză în ambele conducte.

Dacă a și b sînt laturile conductei rectangulare, diametrul ei echivalent este dat de expresia :

$$d_e = \frac{2ab}{a + b}. \tag{6.21}$$

Tabelele pentru determinarea pierderilor de presiune unitare R sînt, de obicei, întocmite pentru conducte executate din tablă zincată. Datorită rugozității, pierderile de presiune prin frecare în conducte executate din alte materiale vor fi diferite. Tabelele de calcul pot fi

Scanned with OKEN Scanner

folosite și pentru determinarea pierderilor unitare R în aceste conducte, în modul următor : se determină pierderea de presiune unitară pentru cazul conductelor din tablă zincată, iar valoarea R astfel obținută se înmulțește cu 0,85 pentru conducte din materiale plastice ; 1,25 pentru conducte din lemn ; 1,50 pentru conducte din zidărie sau beton tencuite neted și cu 2,00 pentru conducte din zidărie sau beton netencuite.

3. PIERDERI LOCALE. PIERDERI TOTALE

Cauzele generale ale acestor pierderi sînt :

— deformarea curentului de aer la trecerea prin piese speciale care modifică secțiunea sau direcția de curgere ;

— desprinderea curentului în zona de deformare de pereții de-a lungul cărora se produce curgerea ;

— formarea vîrtejurilor în zonele de desprindere.

— Pierderile locale sînt specifice fiecărei piese care produce perturbarea curgerii, în funcție de deformările și vîrtejurile ce iau naștere.

Forma geometrică a piesei constituie deci un factor important pentru valoarea pierderii locale.

Ca și pierderile de presiune prin frecare, pierderile locale acționează ca niște rezistențe care se opun mișcării aerului, proporțional cu presiunea dinamică. Pentru acest motiv pierderile locale se exprimă în fracțiuni din presiunea dinamică, pe baza relației :

$$\Delta p_l = \zeta \frac{v^2 \rho}{2} \quad [\mathrm{N/m^2}], \tag{6.22}$$

în care ζ este coeficientul de rezistență locală, adimensional, care se determină pe cale experimentală pentru fiecare piesă specială în parte. Pentru calculele practice au fost întocmite tabele conținînd valorile ζ pentru majoritatea pieselor speciale utilizate în mod obișnuit.

■ Pe baza celor arătate, se deduce că pierderea totală de presiune într-un circuit de aer este dată de expresia :

$$\Delta p = \Sigma Rl + \Sigma \zeta \frac{v^2 \rho}{2} \quad [\mathrm{N/m^2}], \tag{6.23}$$

în care $\Sigma\, Rl$ este suma pierderilor prin frecare în toate porțiunile drepte de conductă ale instalației, iar $\Sigma \zeta \frac{v^2 \rho}{2}$ este suma pierderilor în toate piesele speciale ale instalației (coturi, curbe, ramificații, difuzoare, confuzoare etc.).

Scanned with OKEN Scanner

C. REȚELE DE CONDUCTE

1. REGULI GENERALE

La proiectarea conductelor de aer se dimensionează toate tronsoanele care alcătuiesc rețeaua de conducte și se stabilește pierderea totală de presiune în sistem.

Valoarea acestor pierderi este egală cu presiunea pe care ventilatorul instalației trebuie s-o dezvolte pentru a asigura curgerea în condițiile date.

Pierderile totale de presiune în sistem reprezintă suma dintre rezistențele opuse de : deschiderea prin care se face intrarea aerului în sistem ; tubulatura de aer ; aparatele de ventilare sau condiționare a aerului (baterii de încălzire, filtre de aer, atenuatoare de zgomot, camere de umidificare etc.) ; deschiderea prin care aerul iese din sistem.

Rețelele de conducte trebuie realizate cu respectarea următoarelor reguli generale :

a) Aerul trebuie condus pe drumul cel mai scurt posibil, cu un număr minim de rezistențe locale.

b) Dimensiunile conductelor de aer se stabilesc astfel încît să se obțină rezultatele funcționale dorite, cu maximum de economie de energie, materiale și spațiu.

c) Forma conductelor se alege în funcție de gradul de estetică dorit, de spațiul disponibil, de posibilitatea înglobării lor în structura clădirii, de particulele în suspensie transportate de aer, de considerații economice etc.

Conductele cele mai ieftine sînt cele rotunde sau pătrate, deoarece au cea mai mare capacitate de transport (m^3/h aer) raportată la metru pătrat suprafață laterală a conductelor.

La conductele cu secțiune dreptunghiulară trebuie evitate rapoarte ale laturilor mai mari de 8 : 1. Se recomandă ca valoarea acestor rapoarte să fie cît mai mică și, în aplicațiile curente, de cel mult 3 : 1.

d) Conductele de aer trebuie executate din materiale cu rugozitate cît mai mică și care să dea posibilitatea realizării unor construcții etanșe. Materialele folosite pentru conductele de aer trebuie să fie incombustibile, mai ales în cazurile în care conductele străbat mai multe încăperi.

e) Conductele de aer nu trebuie să fie străbătute de țevi ale altor instalații sau de elemente de construcție deoarece, în afară de rezistența suplimentară provocată de acestea, se creează și puncte de ne-

Scanned with OKEN Scanner

etanșeitate a conductelor. Cînd ocolirea acestor elemente nu se poate realiza, toate obstacolele introduse în curentul de aer trebuie îmbrăcate în piese avînd formă aerodinamică. În conductele care transportă particule solide în suspensie sînt interzise orice obstacole în calea curentului de aer, deoarece se pot produce înfundări ale conductelor prin depunerea materialelor.

f) Piesele speciale trebuie proiectate astfel încît atît rezistența pe care o opun cît și perturbarea pe care o provoacă să fie minime. În acest scop se recomandă respectarea indicațiilor de execuție date în figura 6.7.

2. VITEZE DE CURGERE

Viteza aerului în conducte se alege în funcție de destinația instalației.

La sistemele din clădirile social-culturale, administrative, comerciale, sanitare, de locuințe și cele similare, valoarea vitezei aerului în conducte este limitată de condiții de zgomot. Valorile uzuale ale vitezei de curgere a aerului sînt cuprinse între 4—6 m/s.

Instalațiile din halele industriale, care vehiculează debite mari de aer și care pot funcționa în condiții de silențiozitate mai puțin severe, se dimensionează pe baza unor viteze de aer mai ridicate. În mod obișnuit, pentru aer curat sau încărcat cu gaze, vapori sau fum, circulînd în conducte din tablă, viteza aerului aleasă în calcule este 8—12 m/s. Pentru aer curat circulînd în canale de beton sau zidărie, sclivisite în interior se adoptă viteze de 4—6 m/s.

În cazul în care aerul din conducte este încărcat cu particule solide în suspensie, viteza aerului trebuie să fie mai mare, pentru a asigura presiunea dinamică necesară antrenării particulelor.

Vitezele necesare ale aerului depind, în aceste cazuri, de natura, dimensiunile și concentrația prafului și sînt cuprinse, în mod obișnuit, între 14—25 m/s.

3. RELAȚII ÎNTRE DEBIT, VITEZĂ ȘI SECȚIUNE

Debitul de aer care parcurge cu viteza v [m/s] o conductă avînd secțiunea transversală A [m²] este dat de relația (6.1), $D=vA$ [m³/s]. În mod obișnuit, debitul de aer se exprimă în m³/h, în care caz relația (6.1) se scrie:

$$D = 3\,600\ vA\ [\text{m}^3/\text{h}]. \qquad (6.24)$$

Scanned with OKEN Scanner

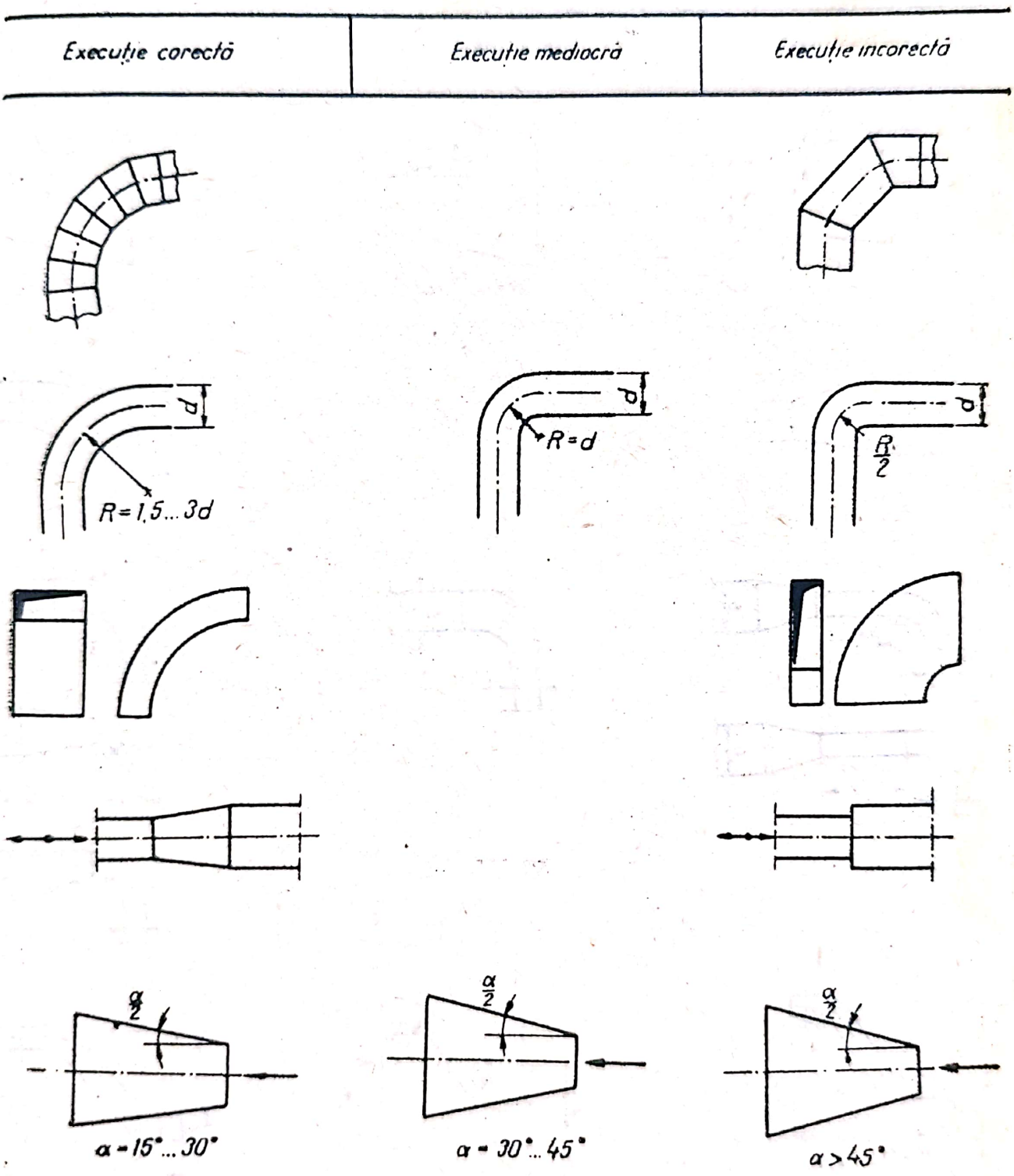


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Scanned with OKEN Scanner

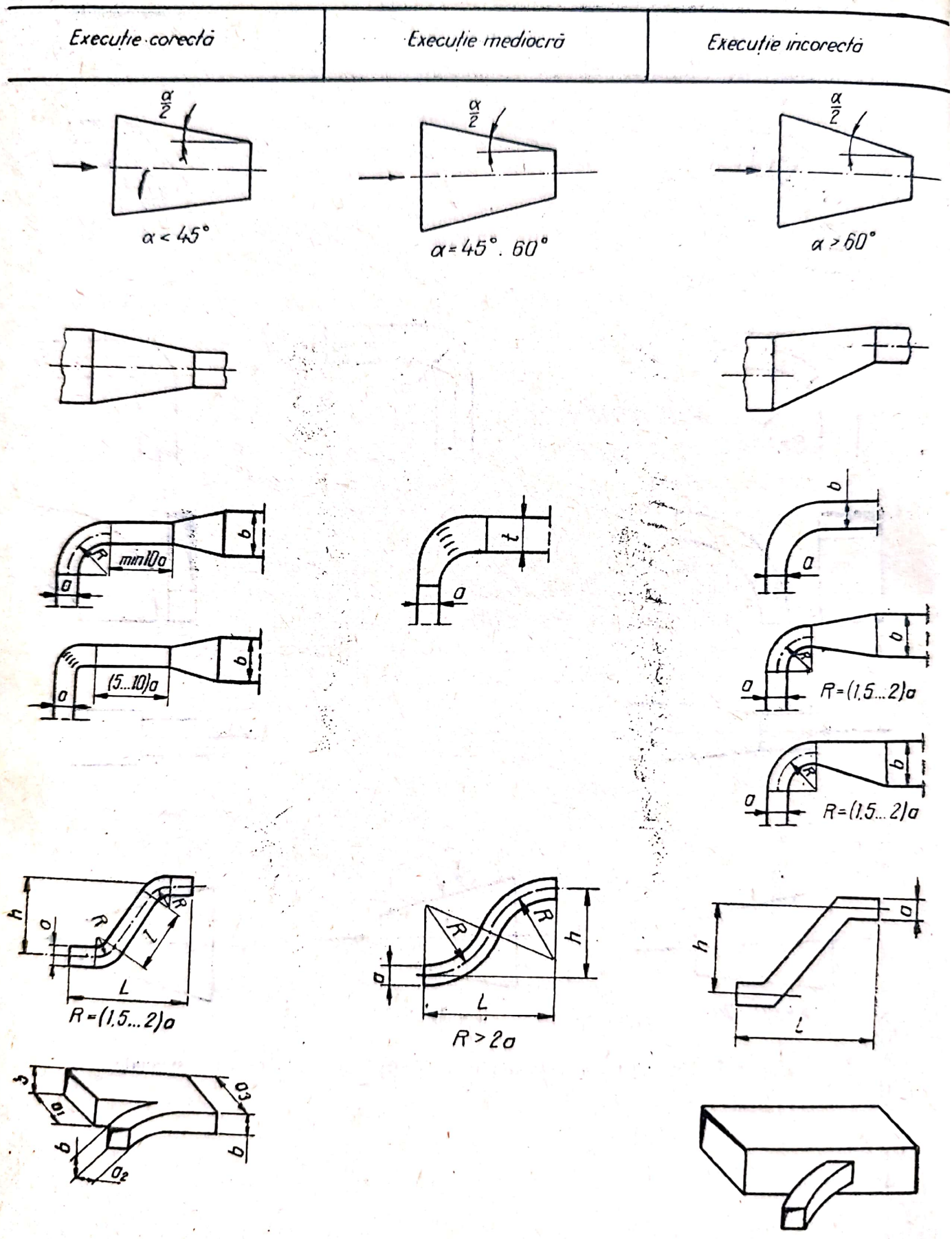


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Scanned with OKEN Scanner

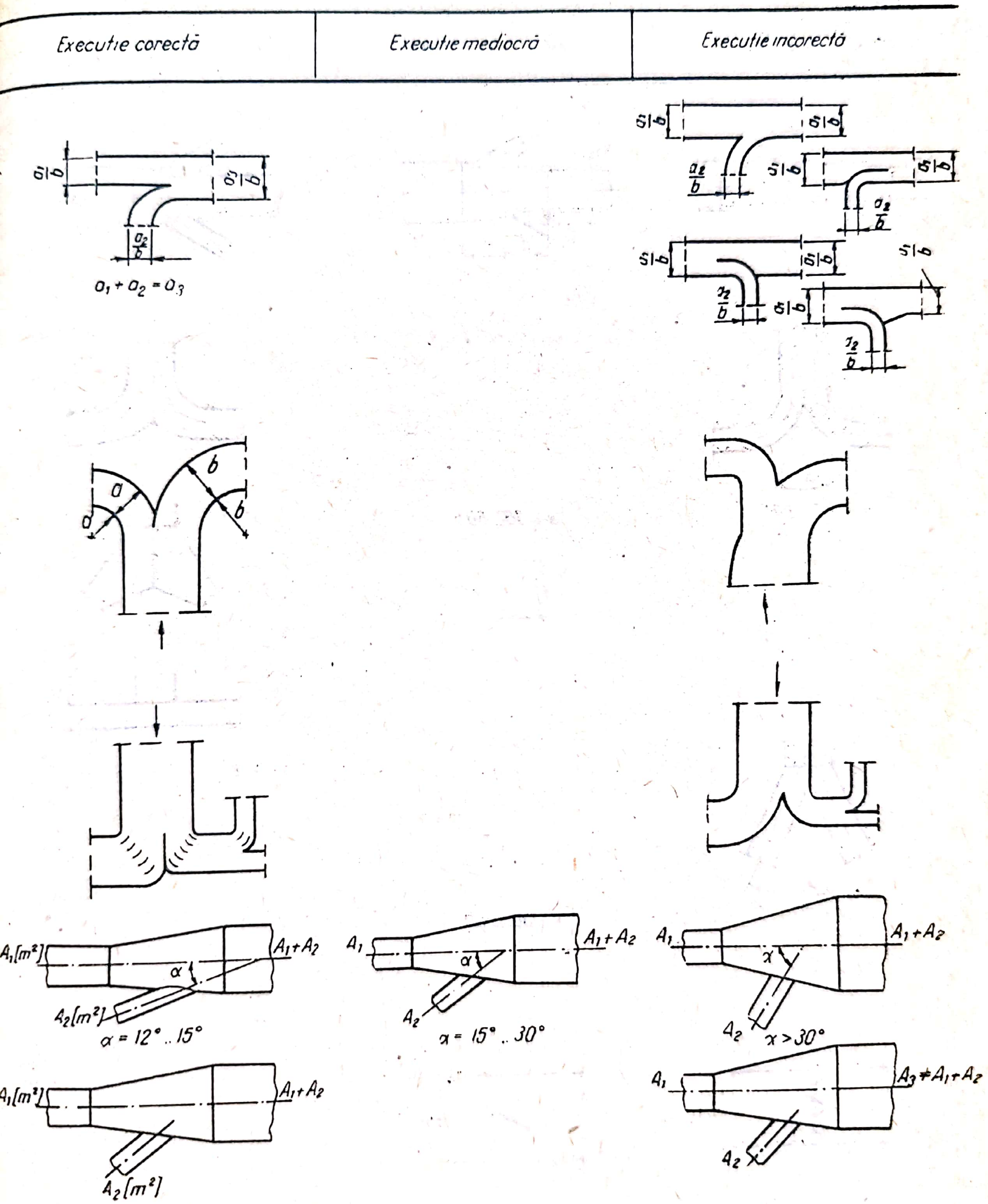


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

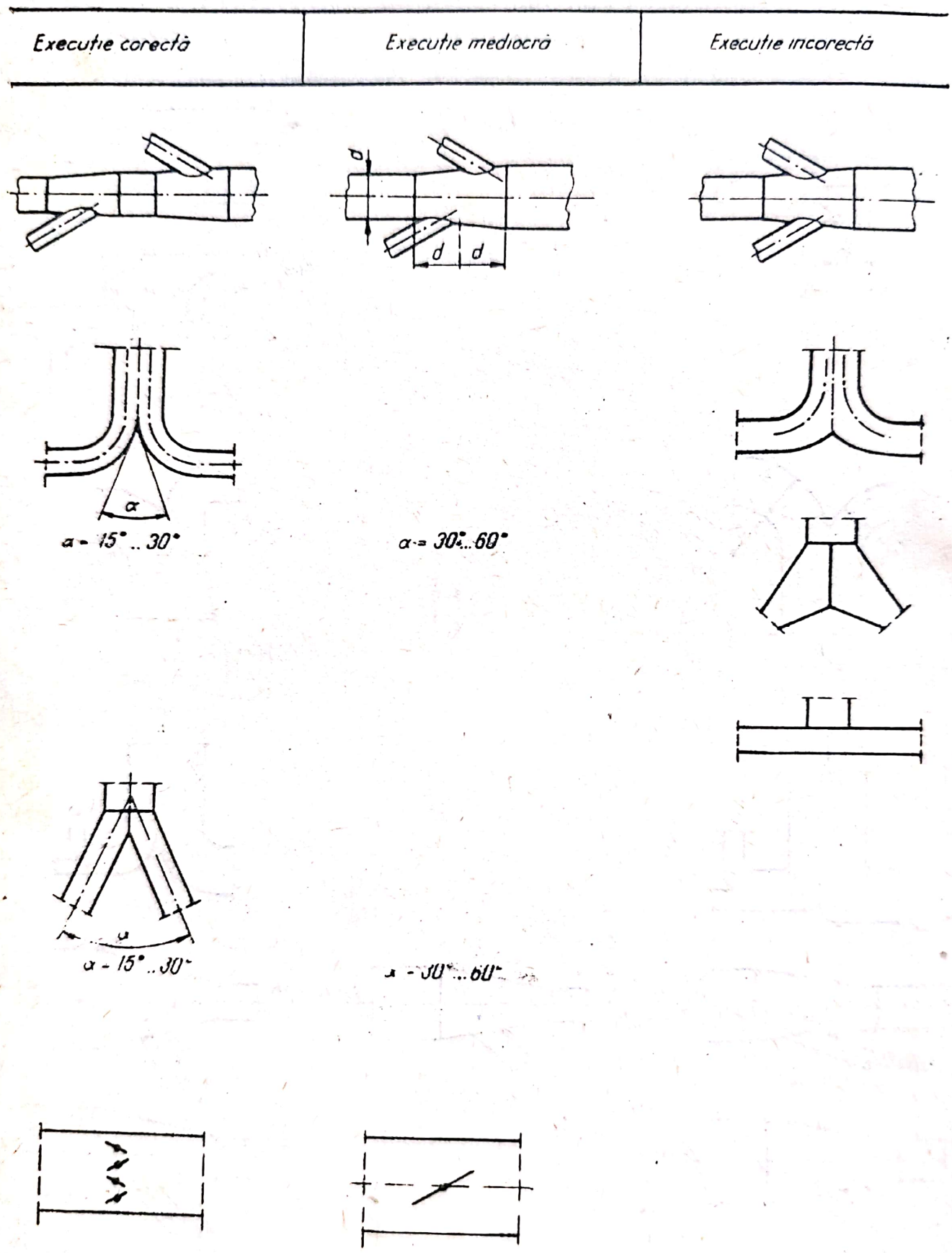


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

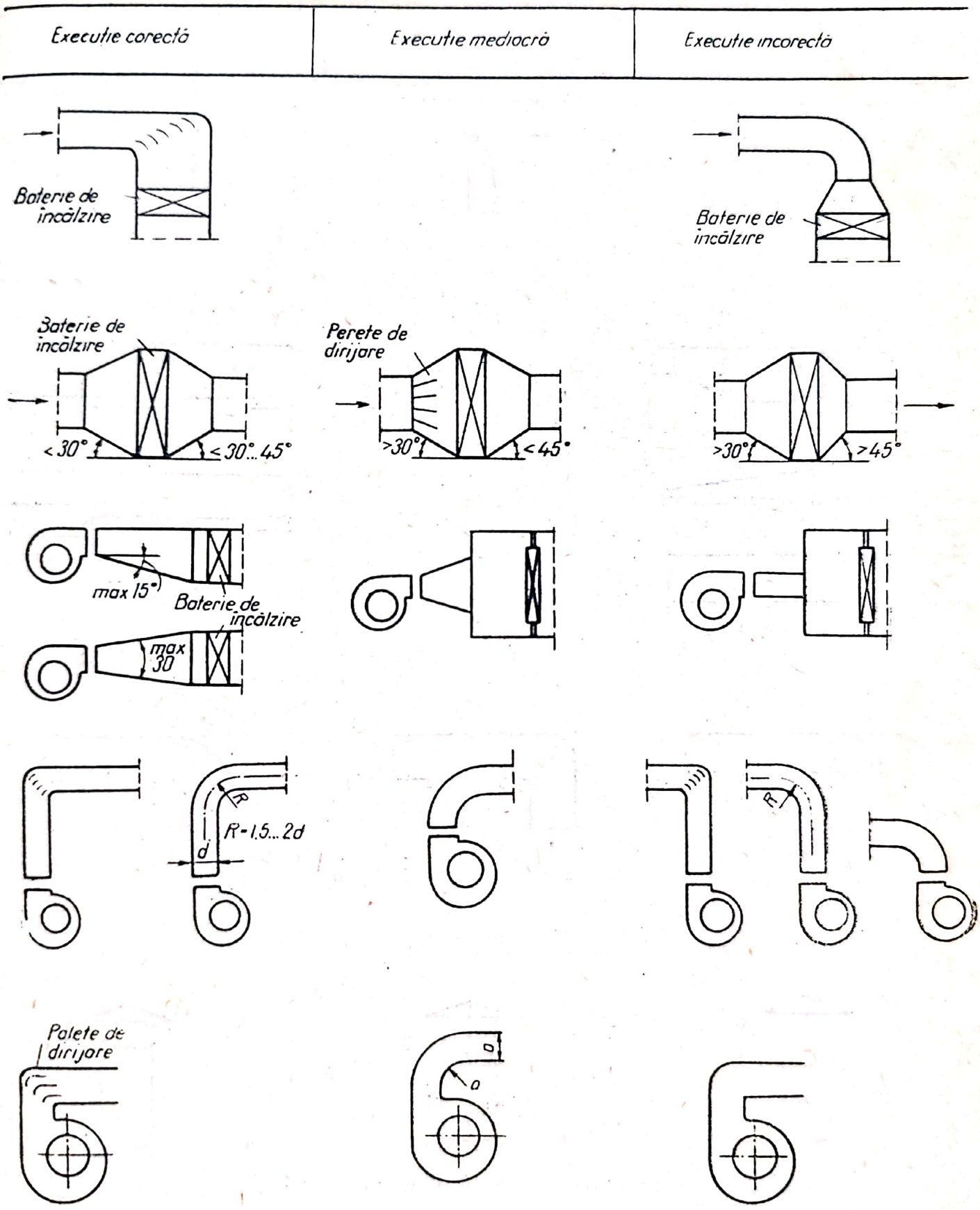


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Scanned with OKEN Scanner

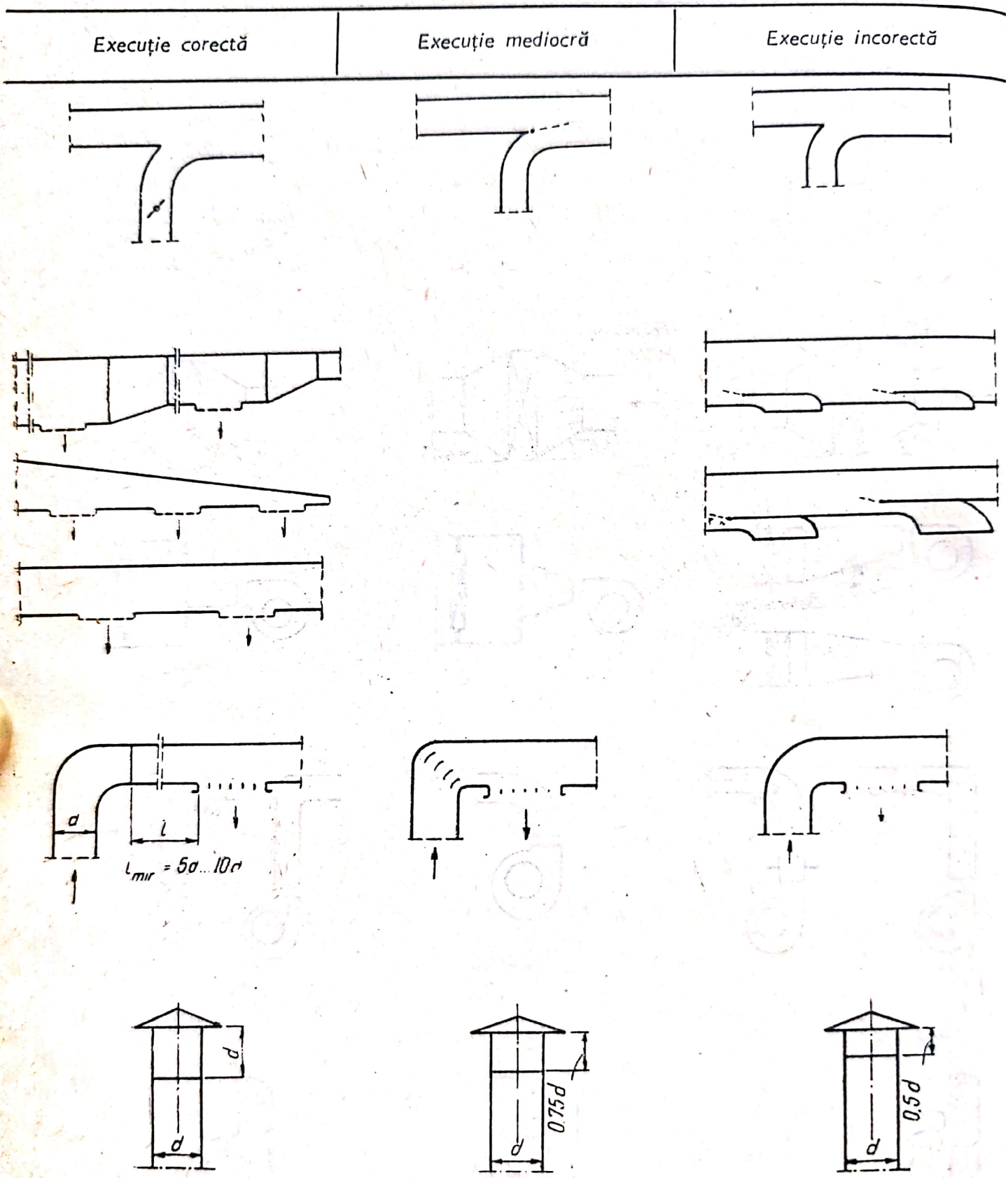


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

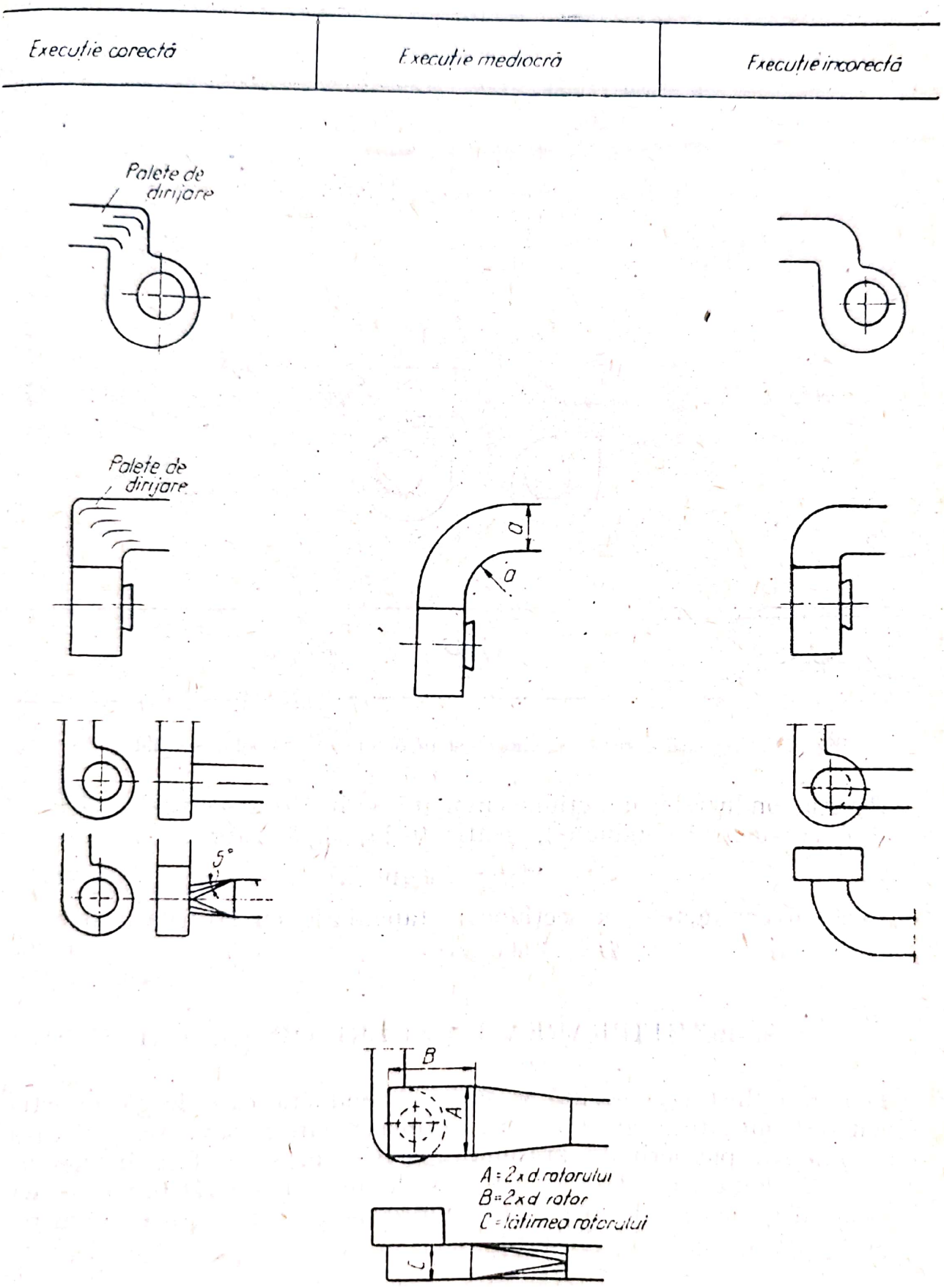


Fig. 6.7. Execuţii corecte, mediocre şi incorecte ale pieselor speciale.

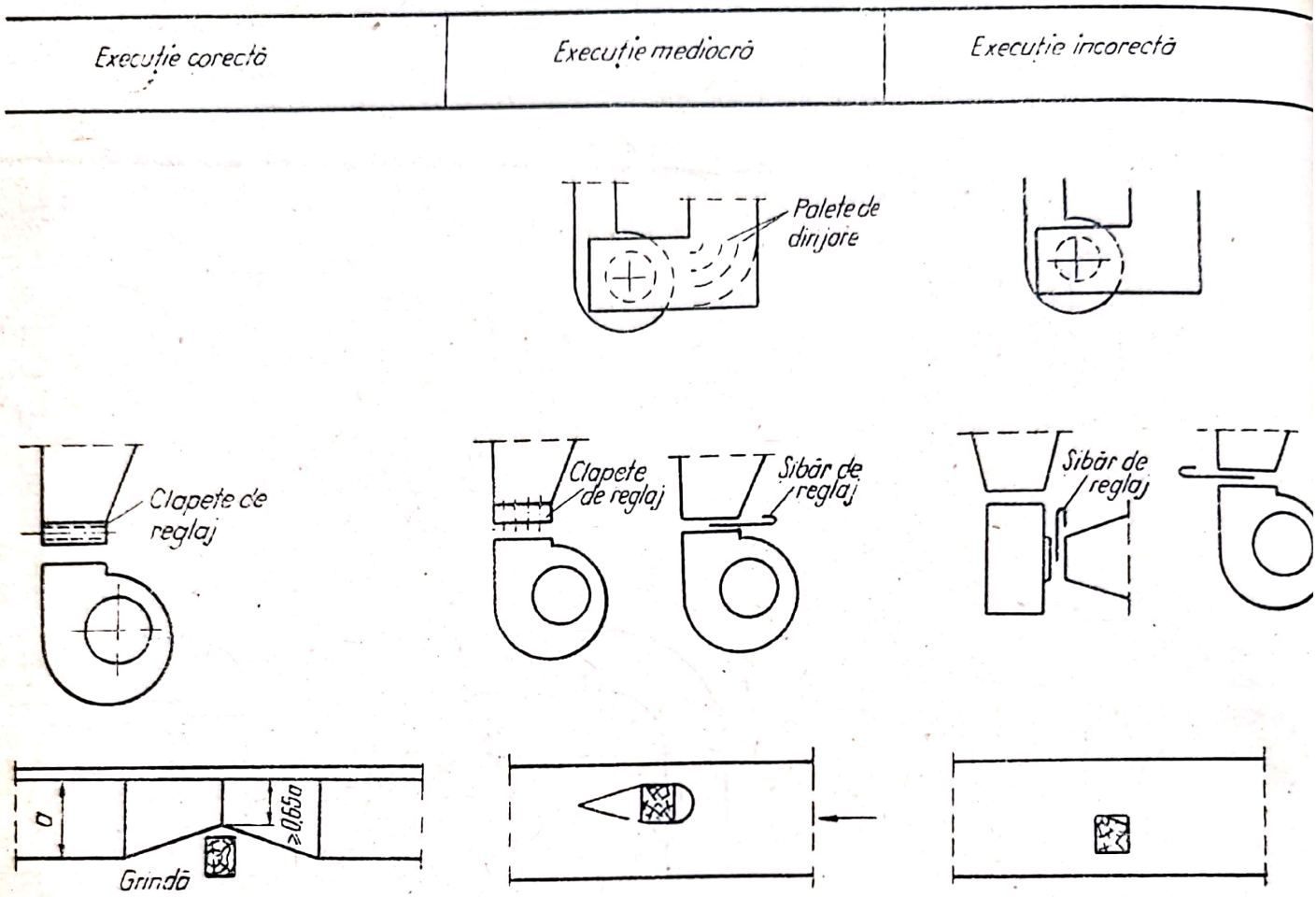


Fig. 6.7. Execuții corecte, mediocre și incorecte ale pieselor speciale.

Pentru conductele cu secțiune circulară, avînd aria secțiunii $A = \pi d^2/4$ (d fiind diametrul conductei), relația (6.24) capătă forma :

$$D = 900\ \pi\ d^2 v\ [\mathrm{m^3/h}] \qquad (6.25)$$

iar pentru conductele cu secțiune rectangulară, cu laturile a și b,

$$D = 3\,600\ a \cdot b \cdot v\ [\mathrm{m^3/h}]. \qquad (6.26)$$

4. ECHILIBRAREA PIERDERILOR DE PRESIUNE

Pentru o instalație avînd o singură conductă care leagă punctul servit de ventilator, calculul pentru dimensionarea conductei și pentru determinarea pierderii de presiune este simplu și se face în conformitate cu indicațiile date la paragrafele precedente. Debitul de aer ce se vehiculează fiind dat, se alege viteza de curgere, forma conductei și se stabilesc dimensiunile acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile de presiune se calculează cu ajutorul relației (6.23) și a tabelelor de calcul care indică valorile R și ζ.

Pentru o instalație cu conducte ramificate, calculele sînt mai complexe și se efectuează prin încercări succesive. Aceste calcule au la bază metoda echilibrării pierderilor de presiune în rețea, care urmărește ca pierderile de presiune în toate conductele care se ramifică din același punct să fie egale.

În figura 6.8 este reprezentată forma cea mai simplă a unui sistem ramificat. Pentru ca din punctul de ramificație *3* aerul să se distribuie în mod egal pe cele două trasee *3—4* și *3—6*, este evident că rezistențele opuse de aceste trasee la curgerea aerului trebuie să fie egale. În caz contrar aerul ar curge cu debit mai mare prin ramificația cu rezistență mai mică. Condiția de echilibru se scrie deci :

$$\Delta p_{3-4} = \Delta p_{3-6}. \tag{6.27}$$

În mod similar, pentru punctul de ramificație *2* se scrie condiția :

$$\Delta p_{2-5} = \Delta p_{2-3} + \Delta p_{3-4}, \tag{6.28}$$

pentru ca aerul să se distribuie pe cele două ramificații în conformitate cu proporția indicată. Traseul *1—2—3—4* din figura 6.8 are o pierdere totală de presiune :

$$\Delta p_t = \Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{3-4}. \tag{6.29}$$

Din ecuațiile (6.27) și (6.29) rezultă :

$$\Delta p_t = \Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{3-6}, \tag{6.30}$$

iar din ecuațiile (6.28) și (6.29) rezultă :

$$\Delta p_t = \Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-5}. \tag{6.31}$$

Compararea ultimelor trei ecuații arată că :

$$\Delta p_{1-2}+\Delta p_{2-3}+\Delta p_{3-4}=\Delta p_{1-2}+\Delta p_{2-3}+\Delta p_{3-6}=\Delta p_{1-2}+\Delta p_{2-5}.$$

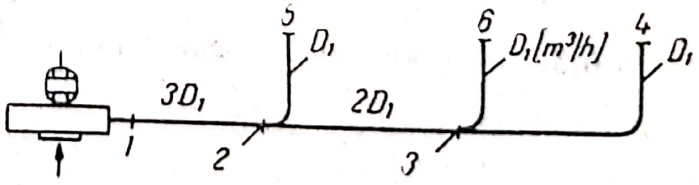


Fig. 6.8. Sistem de conducte ramificate.

Egalitatea de mai înainte se citește astfel: pierderile de presiune pe toate traseele măsurate de la ventilator și pînă la capătul oricărei ramificații trebuie să fie egale între ele pentru ca debitele de aer să se distribuie în rețea în conformitate cu condițiile impuse inițial. Aceasta este formularea principiului echilibrării pierderilor de presiune într-o rețea de conducte.

Compararea ecuațiilor (6.29), (6.30) și (6.31) duce la o concluzie importantă, și anume că într-o rețea echilibrată pierderea totală de presiune a sistemului este egală cu pierderea calculată pentru unul singur dintre trasee și nu reprezintă suma pierderilor în toate ramificațiile.

Notînd cu p_s presiunea statică, ecuația (6.27) poate fi scrisă sub forma

$$p_{s3} - p_{s4} = \Delta p_{3-6}.$$

Cum punctul *4* se găsește la capătul final al instalației, $p_{s4} = 0$, aceasta înseamnă că:

$$p_{s3} = \Delta p_{3-6}.$$

În mod similar se arată că $p_{s2} = \Delta p_{2-5}$. Cu alte cuvinte, pentru echilibrarea unei rețele, pierderea de presiune în fiecare ramificație trebuie să fie egală cu presiunea statică disponibilă în conducta principală, în punctul din care se desprinde ramificația respectivă.

Verificarea cunoștințelor

6.1. *Regimul de curgere dintr-o conductă depinde de:*
a) *viteza fluidului;*
b) *numărul lui Reynolds;*
c) *diametrul conductei?*

6.2. *Distribuția vitezelor în secțiunea unei conducte este mai uniformă cînd regimul de curgere este:*
a) *laminar;*
b) *intermediar;*
c) *turbulent?*

6.3. *În conductele de ventilare curgerea aerului are loc cel mai frecvent în regim:*
a) *laminar;*
b) *turbulent;*
c) *intermediar?*

Scanned with OKEN Scanner

6.4. *Presiunea statică dintr-o conductă de aer se execută :*
a) *numai în direcția de curgere ;*
b) *numai perpendicular pe pereții conductei ;*
c) *în toate direcțiile în masa de fluid ?*

6.5. *Pierderile de presiune prin frecare sînt datorate :*
a) *densității aerului ;*
b) *viscozității ;*
c) *rugozității suprafeței interioare a conductei ;*
d) *numărului Re ;*
e) *diametrului conductei ;*
f) *vitezei de curgere ;*
g) *lungimii conductei ?*

6.6. *Pierderea totală de presiune într-o rețea de conducte este egală cu :*
a) *suma pierderilor în toate ramificațiile ;*
b) *pierderea pe traseul cu lungimea cea mai mare ;*
c) *pierderea pe traseul cu rezistența cea mai mare ?*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 7

SISTEME DE VENTILARE

A. GENERALITĂȚI

1. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE

În practică nu există încăpere neventilată. Oricît de etanșă ar fi construcția unei încăperi, mijloacele tehnice uzuale nu pot împiedica realizarea unui schimb natural de aer între încăpere și mediul exterior, care asigură un minimum de ventilare. Pe de altă parte, se poate afirma că aproape nu există încăpere care să nu necesite ventilare. Activitatea sau prezența oamenilor în orice fel de încăpere industrială, de locuit, social-culturală etc. este însoțită de degajări nocive care fac necesară prevederea unui sistem de ventilare. Chiar dacă degajările se produc în cantități atît de mici încît vicierea neînsemnată a aerului din încăpere nu justifică măsuri speciale de ventilare, aceasta rămîne totuși necesară cel puțin pentru a crea o mișcare a aerului, care să împiedice senzația de aer stagnant, insuportabilă pentru oameni.

Cînd schimbul natural de aer între încăpere și mediul exterior este suficient pentru satisfacerea nevoilor de ventilare create de activitatea sau prezența oamenilor, nu sînt necesare alte măsuri în afara celor obișnuite de ordin arhitectural. Dacă însă degajările nocive produc o viciere a încăperii care pune în primejdie sănătatea oamenilor sau afectează confortul lor, se impune utilizarea unor sisteme speciale de ventilare în care deplasarea aerului se realizează cu ajutorul ventilatoarelor.

2. CLASIFICAREA SISTEMELOR DE VENTILARE

■ După forțele care determină vehicularea aerului, sistemele se clasifică în sisteme de ventilare naturală sau mecanică.

Ventilarea naturală se realizează sub efectul forțelor naturale — vîntul și presiunea termică.

Ventilarea mecanică se produce prin vehicularea aerului cu ajutorul mașinilor. În general, mașinile folosite în acest scop sînt ventilatoarele.

■ După spațiul din încăpere supus ventilării, sistemele se clasifică în sisteme de ventilare generală, parțială, locală și mixte.

Sistemele de ventilare generală servesc întreaga încăpere și determină deplasarea întregului volum de aer al acesteia, sau cel puțin al întregului volum de aer al zonei ocupate.

Sistemele de ventilare parțială se aplică în halele cu dimensiuni foarte mari și servesc numai o anumită porțiune din acestea, realizînd un tip de ventilare generală în porțiunea respectivă.

Sistemele de ventilare locală își concentrează acțiunea asupra sursei de degajare sau obiectului ventilat.

Sistemele mixte se realizează prin aplicarea concomitentă, în aceeași încăpere, a ventilării locale și ventilării generale sau parțiale.

■ După regimul de presiune pe care tind să-l creeze în încăpere, sistemele se clasifică în : sisteme pentru introducerea aerului proaspăt, care aspiră aer curat din exterior și îl refulează în încăperea ventilată, și sisteme de aspirație a aerului viciat, care extrag aerul impurificat din încăpere și îl evacuează în exterior. Primele sisteme tind să creeze suprapresiune în spațiile ventilate, iar ultimele sisteme, depresiune.

■ După funcțiunea pe care o îndeplinesc, sistemele de ventilare se clasifică în : sisteme de confort, igienice, tehnologice, de producție și de avarie. Aceste sisteme au în mod frecvent roluri combinate, condițiile pe care le realizează pentru o funcțiune servind simultan la satisfacerea și a altor funcțiuni.

Sistemele de confort urmăresc realizarea unor condiții confortabile pentru persoanele din încăperea deservită. Aceste sisteme se aplică, în general, în încăperile din clădirile social-culturale, de utilitate publică, administrative și de locuințe, în care sarcina ventilării constă în anularea influențelor climatice și a degajărilor de căldură, umiditate, bioxid de carbon și miros produs de persoanele care ocupă spațiile ventilate.

Dintre sistemele de confort fac parte instalațiile de ventilare cu condiționarea aerului și instalațiile de încălzire cu aer cald.

Sistemele de ventilare cu rol igienic, folosite în încăperile cu degajări nocive, urmăresc să realizeze în afară de condițiile de confort și condiții de puritate a aerului, prin evacuarea substanțelor nocive și înlocuirea aerului viciat cu aer proaspăt adus din exterior. Aceste

Scanned with OKEN Scanner

sisteme au caracter de protecție a muncii cînd servesc încăperile industriale și caracter igienico-sanitar cînd sînt utilizate în spitale sau alte clădiri asemănătoare, în care funcționarea lor contribuie la menținerea unui mediu steril.

Sistemele de ventilare cu rol tehnologic servesc procese industriale sau utilaje. Din această categorie fac parte instalațiile pentru transportul pneumatic al materiilor prime sau al deșeurilor, instalațiile de răcire cu aer a motoarelor electrice mari, a cubilourilor etc., instalațiile de alimentare cu aer de ardere pentru cazane, cuptoare etc., instalațiile cu umidificare, cu uscare, cu încălzire, răcire sau cu condiționarea aerului, pentru menținerea în încăperile industriale sau în interiorul unor utilaje, a unor condiții de stare a aerului cerute fie de calitatea materialelor ce se prelucrează, fie de buna funcționare a utilajelor.

Sistemele de ventilare cu rol de protecție urmăresc realizarea unor condiții de mediu care să înlăture pericolul de incendiu sau de explozie creat de degajarea continuă a gazelor, vaporilor sau prafului în interiorul anumitor încăperi de producție sau de depozitare a materialelor.

Sistemele de ventilare de avarie se prevăd în încăperile în care există pericolul unor acumulări instantanee de substanțe toxice, inflamabile sau explozive, provocate de defectarea sau deteriorarea unor utilaje.

■ După natura substanței nocive a cărei eliminare este urmărită, unele sisteme de ventilare au o construcție și o funcționare specifică și sînt denumite : sisteme de desprăfuire, sisteme de eliminare a ceții, sisteme de eliminare a căldurii, sisteme de dezodorizare, de sterilizare a aerului etc.

În general, pentru definirea completă a sistemelor utilizate în practică nu este suficient să se utilizeze numai cîte unul din criteriile de clasificare, ci este necesară încadrarea sistemului într-o clasificare făcută după un complex de criterii. Astfel, o instalație de ventilare care refulează într-o încăpere aer proaspăt distribuit uniform în toată zona ocupată poate fi o instalație de : ventilare mecanică, generală, de introducere, avînd funcțiune de confort.

În mod similar, o instalație care evacuează aer încărcat cu praf inflamabil prin dispozitive de captare amplasate pe fiecare utilaj, în dreptul sursei de generare, poate fi o instalație de : ventilare mecanică, locală, de desprăfuire, cu funcțiune igienică și, concomitent, tehnologică și de protecție împotriva incendiilor și exploziilor.

Scanned with OKEN Scanner

3. SCHEME DE VENTILARE

a. **Scheme de ventilare naturală.** Ventilarea naturală organizată se realizează după o schemă de forma celei indicate în figura 7.1. Aerul proaspăt intră prin deschiderile reglabile *I* situate în zona inferioară a încăperii, iar aerul viciat este evacuat prin deschiderile reglabile *E* practicate în luminatorul construit pe acoperiș. Pătrunderea în încăpere a aerului din exterior poate fi provocată fie de presiunea exercitată de vînt în deschiderile *I*, fie de presiunea termică determinată de sursele de căldură *C*, fie de efectul combinat al acestor forțe.

Datorită regimului neregulat al vînturilor, în majoritatea cazurilor practice se preferă organizarea ventilării naturale pe baza presiunii termice, vîntul fiind considerat ca un element sporadic, auxiliar, ajutător.

Mecanismul deplasării aerului este următorul: sursele de căldură *C* încălzesc aerul din jurul și de deasupra lor. Aerul cald, avînd o masă specifică mai mică, capătă o mișcare ascensională către deschiderile din luminator prin care este evacuat. Ridicarea aerului deasupra surselor calde provoacă o ușoară depresiune în jurul acestora, ceea ce face ca locul aerului evacuat să fie luat de aer din mediul înconjurător. În mod progresiv această depresiune se transmite pînă în dreptul deschiderilor de intrare și determină pătrunderea aerului din exterior în încăpere.

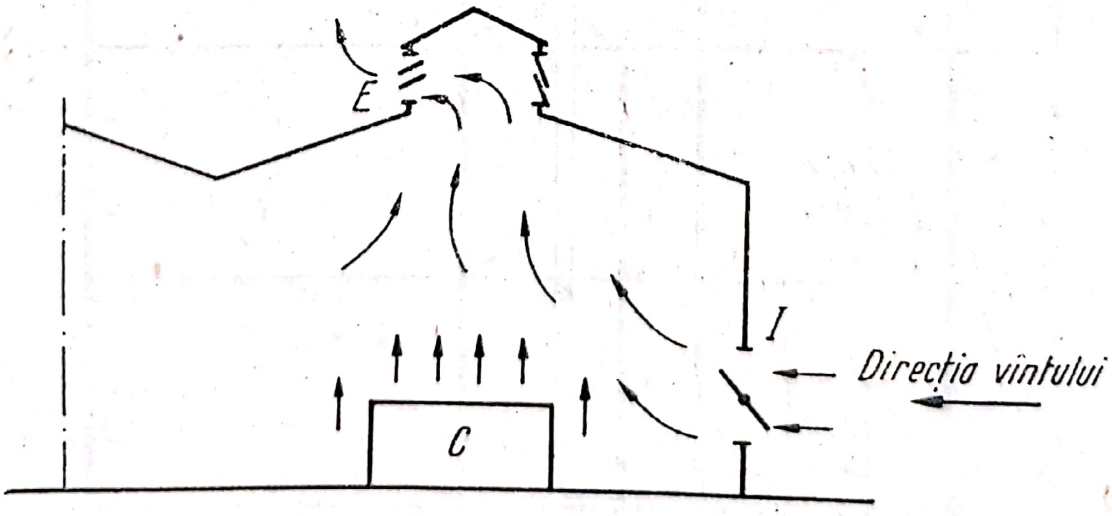


Fig. 7.1. Sistem de ventilare naturală organizată într-o hală industrială cu ferestre și luminator.

Scanned with OKEN Scanner

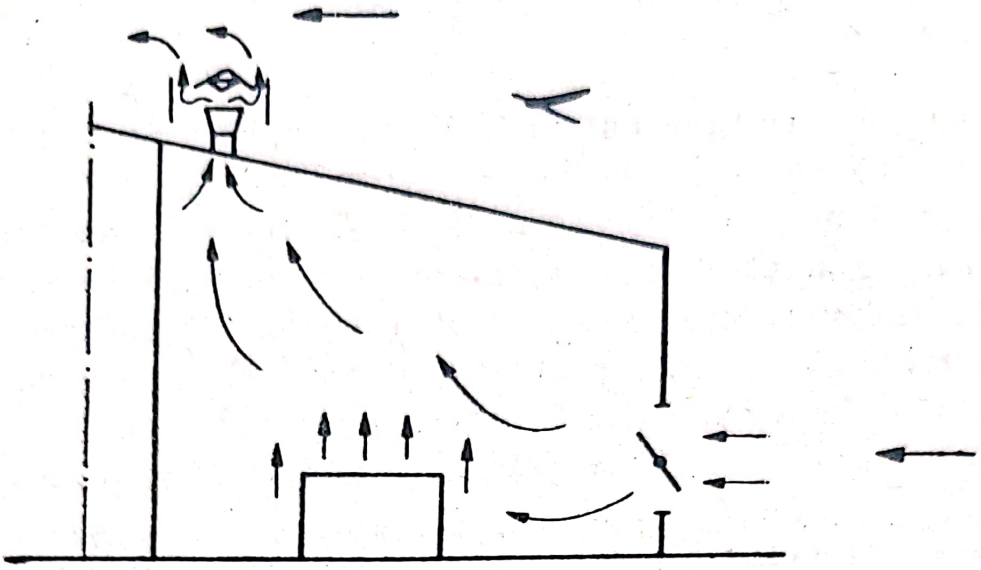


Fig. 7.2. Sistem de ventilare naturală organizată cu deflectoare într-o hală industrială.

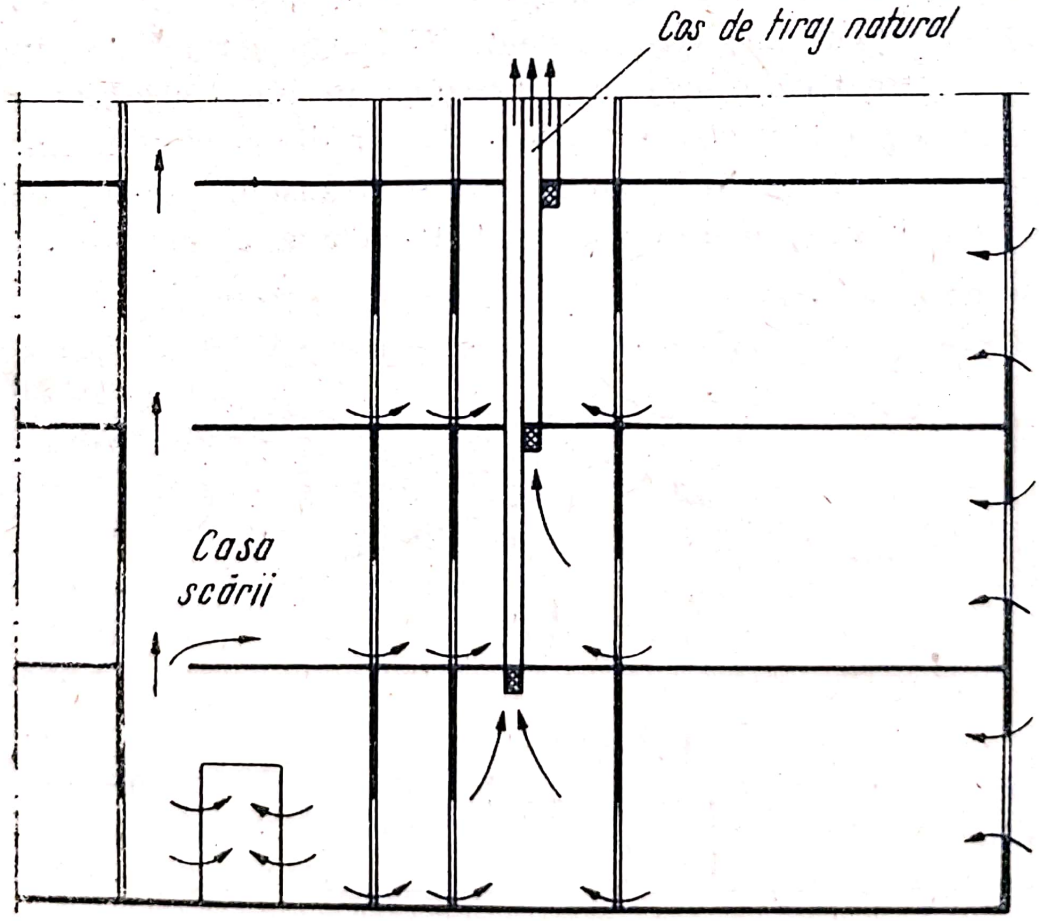


Fig. 7.3. Sistem de ventilare naturală într-o clădire de locuințe.

Scanned with OKEN Scanner

■ În unele cazuri, cînd pentru încăperea ce trebuie ventilată nu există posibilitatea construirii unui luminator, deschiderile de evacuare se realizează sub forma unor deflectoare, care sînt piese din tablă avînd o construcție specială pentru activarea tirajului prin utilizarea presiunii vîntului. Sistemul este indicat în schema din figura 7.2.

Schemele de ventilare din figurile 7.1 și 7.2 sînt caracteristice încăperilor industriale.

■ În clădirile de locuințe, schema principală a unui sistem de ventilare naturală este de forma celei indicate în figura 7.3. Aerul proaspăt pătrunde prin neetanșeități și prin deschiderea ușilor și ferestrelor în interiorul încăperilor de locuit, realizînd ventilarea neorganizată a acestora. Din aceste încăperi, prin neetanșeități sau deschideri, special amenajate, aerul trece către dependințe și este evacuat în exterior prin coșuri de tiraj natural construite în acest scop.

Schemele indicate realizează ventilarea generală a încăperilor. Ventilarea naturală poate avea și acțiune locală, cînd deasupra unei surse calde se montează o hotă racordată la un coș de tiraj natural (fig. 7.4). Pentru activarea circulației aerului, în perioadele cu vînt, se folosește de obicei un deflector montat la capătul superior al coșului.

b. **Scheme de ventilare mecanică.** Schema din figura 7.5 reprezintă un sistem de ventilare mecanică generală. Instalația *I* introduce, în tot spațiul încăperii, aer proaspăt, filtrat și, în timpul iernii, încălzit pentru compensarea aerului viciat evacuat de instalația *II*, care realizează o aspirație generală. Instalația *I* servește concomitent și ca instalație de încălzire cu aer cald, avînd astfel un dublu caracter de instalație igienică și de confort. Dacă substanțele nocive degajate în încă-

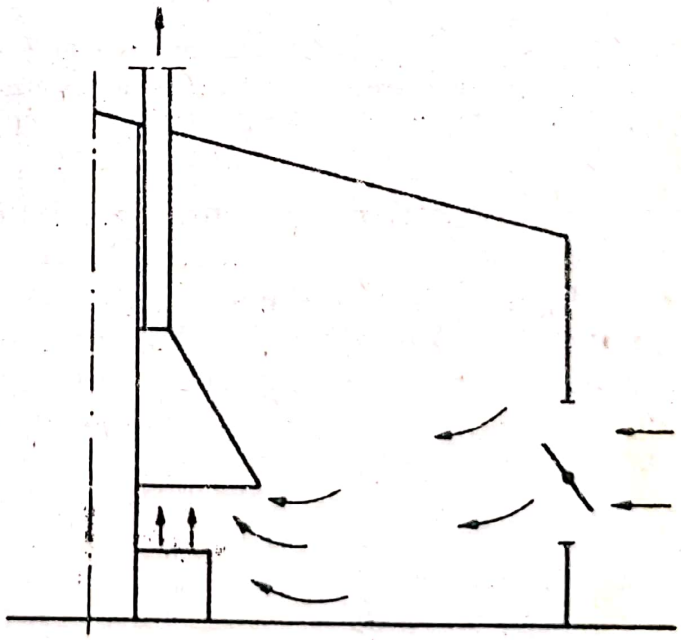


Fig. 7.4. Sistem de ventilare locală cu tiraj natural.

Scanned with OKEN Scanner

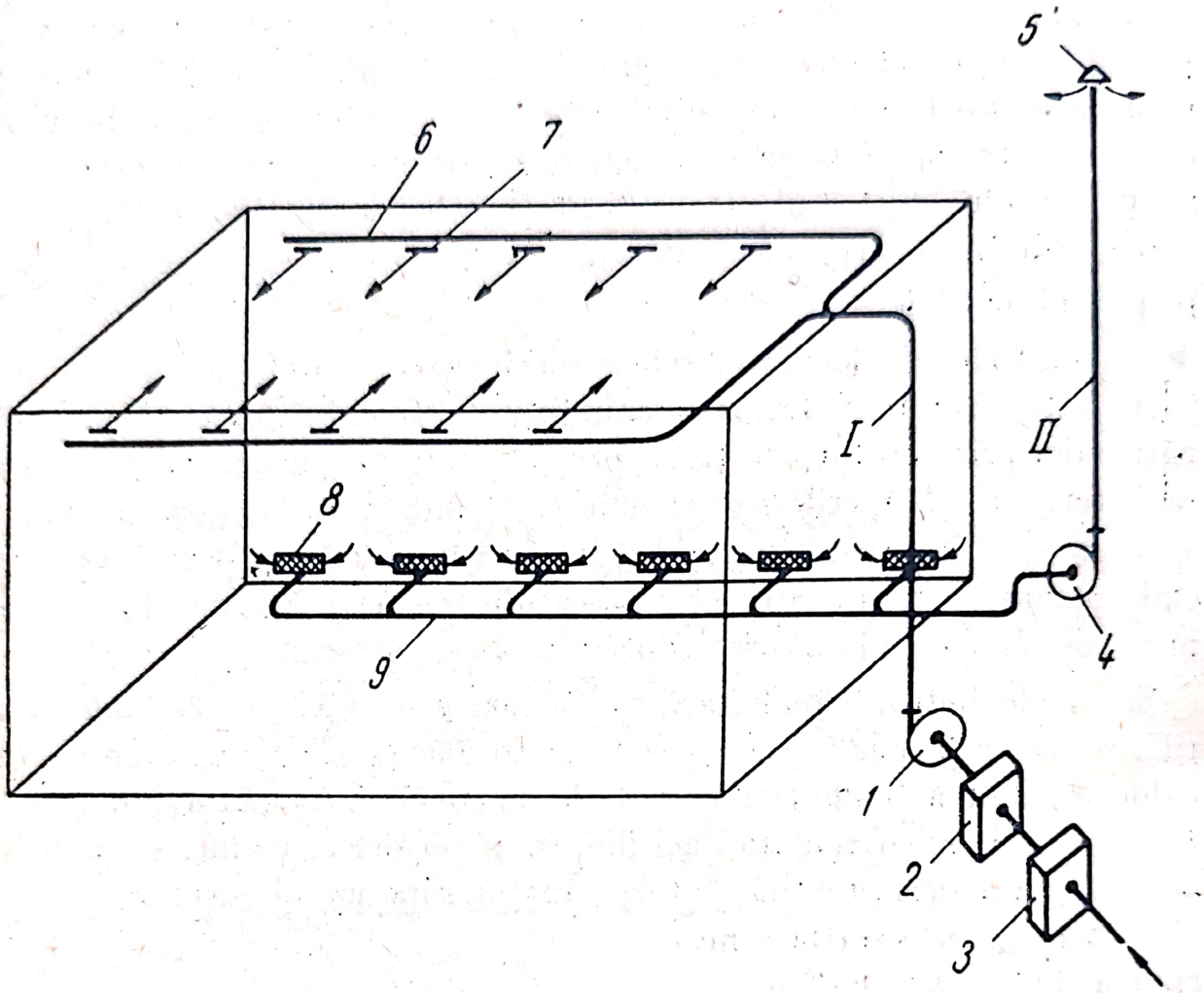


Fig. 7.5. Sistem de ventilare mecanică generală :
1 și *4* — ventilatoare ; *2* — baterie de încălzire ; *3* — filtru ; *5* — căciulă de protecție ; *6* — conductă de aer proaspăt ; *7* — gură de refulare ; *8* — gură de aspirație ; *9* — conductă de aer viciat.

peri ar fi vapori de solvenți, instalațiile *I* și *II* ar avea și funcțiune de protecție împotriva incendiilor și exploziilor.

În figura 7.6 sînt schematizate mai multe sisteme de ventilare. Instalația *I* realizează o ventilare mecanică, locală, de aspirație, pentru evacuarea gazelor și vaporilor. Instalația *II* este o instalație de introducere generală a aerului pentru compensarea debitului evacuat de instalația *I* și pentru încălzirea cu aer cald a încăperii în timpul iernii. Instalația *III* este o instalație tehnologică pentru insuflarea aerului de ardere în focarul cuptorului *C*, iar instalația *IV* realizează o ventilare locală prin crearea unui duș de aer pentru muncitorul expus la radiațiile calorice intense emise de cuptor.

Schema din figura 7.7 reprezintă un sistem de eliminare a ceții. Conducta de refulare *2* indicată în schemă aparține unei instalații de

Scanned with OKEN Scanner

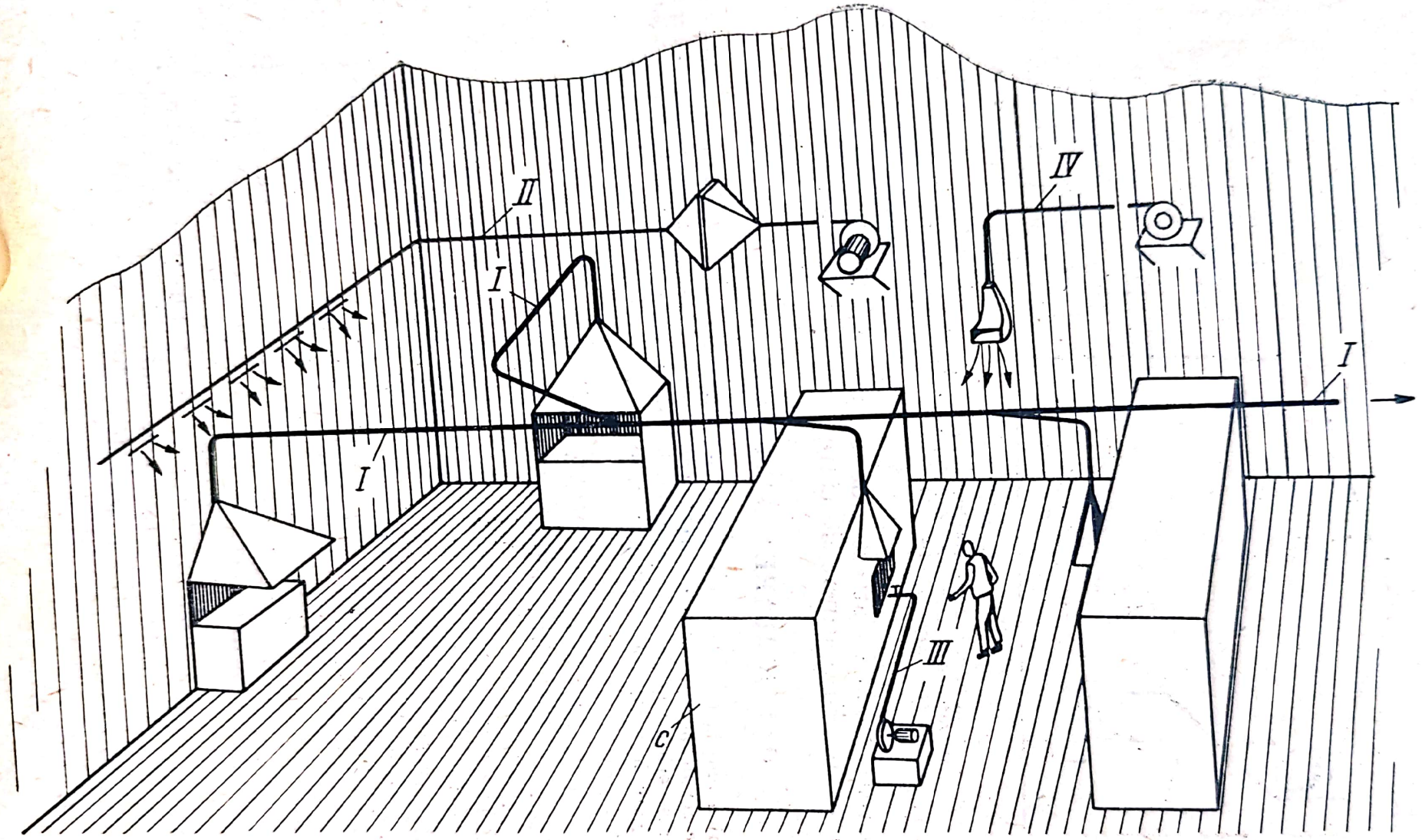


Fig. 7.6. Sisteme de ventilare mecanică.

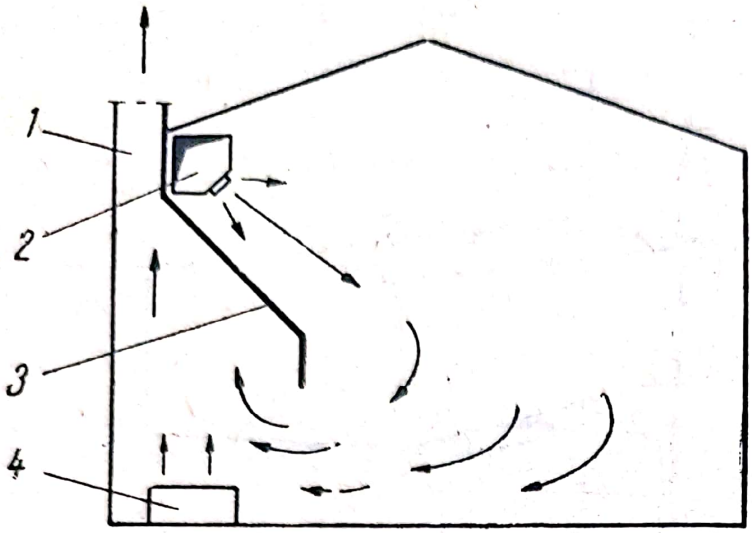


Fig. 7.7. Sistem de eliminare a ceții :
1 — evacuarea aerului ; *2* — conductă de refulare ; *3* — paravan ; *4* — sursă de degajare a căldurii și a vaporilor de apă.

ventilare mecanică generală, pentru introducerea aerului cald. Prin conducta de evacuare *1* a aerului se realizează o ventilare naturală. Aerul cald și uscat introdus de instalația de ventilare mecanică pătrunde sub hota creată de paravan, se încarcă cu căldura și cu vaporii de apă degajați de la utilajul tehnologic și este evacuat în exterior, ca urmare a tendinței de ascensiune a aerului cald și umed. Evacuarea aerului viciat este, de asemenea, favorizată de suprapresiunea creată în încăpere de către instalația de introducere.

B. VENTILAREA NATURALĂ

Tehnica ventilării utilizează în mod frecvent forțele naturale pentru realizarea schimbului de aer în încăperi, deoarece efectele de ventilare necesare pot fi obținute pe această cale numai prin amenajări ale construcției, fără cheltuielile de investiție și de exploatare pe care le comportă ventilarea mecanică.

1. ACȚIUNEA FORȚELOR NATURALE PENTRU REALIZAREA VENTILĂRII

Ventilarea naturală se realizează prin pătrunderea aerului proaspăt din exterior în interiorul unei clădiri, fie prin porii pereților, neetanșeitățile ferestrelor etc., fie prin deschideri special amenajate și reglabile. În primul caz, ventilarea naturală se numește neorganizată, iar în cazul al doilea, organizată. Forțele naturale care determină realizarea unei ventilări naturale sînt : presiunea vîntului și presiunea termică.

Presiunea vîntului este creată de viteza acestuia (fig. 7.8). Pe fața clădirii expuse vîntului, aceasta creează o presiune care determină intrarea aerului, din exterior în clădire, producînd astfel o ridicare a presiunii interioare. Pe fața clădirii opusă direcției vîntului, precum și pe laturile paralele cu direcția acestuia, se creează, în exterior, o zonă de depresiune ; întrucît presiunea din interiorul clădirii este mai

Scanned with OKEN Scanner

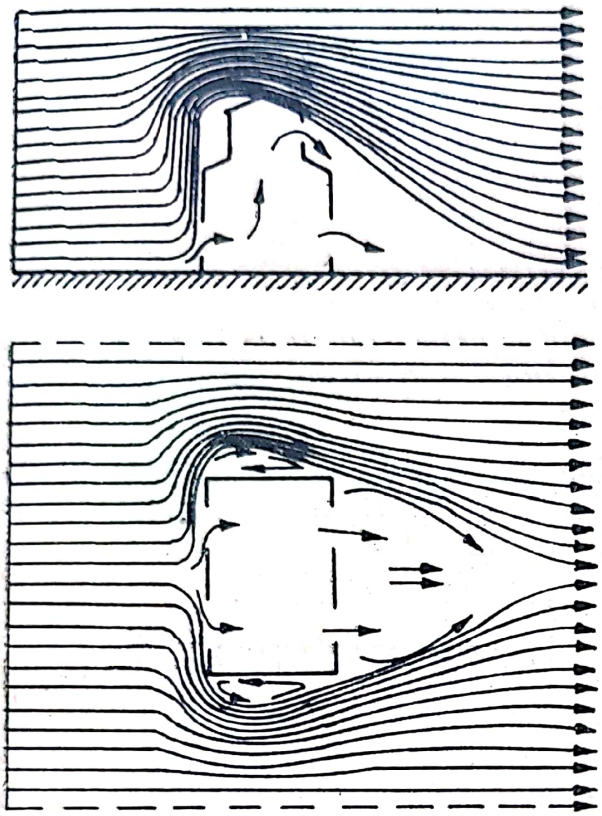


Fig. 7.8. Curenții de aer în jurul și în interiorul unei clădiri expuse vîntului.

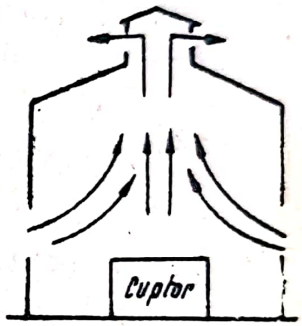


Fig. 7.9. Mișcarea aerului sub efectul presiunii termice.

mare decît cea din zona de depresiune, aerul viciat din interior va ieși prin deschiderile amplasate pe aceste laturi. Din figură se constată că, pentru a se realiza o ventilare cu sensul de circulație al aerului din interior, de jos în sus, este necesar ca deschiderile din luminator expuse bătăii vîntului să fie închise, rămînînd deschise numai cele de pe latura luminatorului opusă vîntului.

Presiunea termică este creată de degajările de căldură din interiorul unei încăperi. Sub acțiunea căldurii dezvoltate de utilajele sau materialele aflate în zona de lucru, masele de aer învecinate își ridică temperatura, capătă, prin dilatarea volumelor, o masă specifică mai mică și se ridică spre acoperiș. Dacă încăperea posedă, ca în figura 7.9, deschideri la partea superioară pentru ieșirea aerului cald și, în același timp, deschideri practicate la partea inferioară pentru intrarea aerului mai rece din exterior, care să ia locul aerului cald ridicat, se produce o ventilare naturală determinată de presiunea termică.

În multe hale, ventilarea naturală este necesară nu numai vara, ci și iarna. În turnătorii, de exemplu, unde odată cu căldura trebuie să se elimine și gazele nocive (mai ales oxidul de carbon) dezvoltate în

Scanned with OKEN Scanner

timpul proceselor de turnare, iarna trebuie să se realizeze un schimb de aer suficient pentru evacuarea acestor nocivități. Deschiderile pentru intrarea aerului, în regimul de iarnă, trebuie practicate la o astfel de înălțime încît masa de aer rece intrată din exterior să se încălzească suficient, datorită degajărilor de căldură, înainte de a coborî la nivelul zonei de lucru. În general, deschiderile de intrare pentru regimul de iarnă se dispun cu marginea inferioară la o înălțime de 5—6 m de la nivelul pardoselii. Aerul exterior rece, deci cu masă specifică mare, coboară pînă în zona de lucru, încălzindu-se treptat ; apoi, încălzit mult în vecinătatea surselor de căldură, se ridică spre deschiderile de evacuare.

Deschiderile pentru intrarea aerului în regimul de vară se prevăd, de regulă, cu marginea inferioară la o înălțime de 1—1,5 m de la nivelul pardoselii.

2. ORGANIZAREA VENTILĂRII NATURALE

Pentru a controla forțele naturale care determină ventilarea naturală, se prevăd mijloace de organizare a acesteia, care constau din dispozitive de reglare a admisiei și evacuării aerului în încăperea ventilată. În mod obișnuit, reglarea deschiderilor de intrare se realizează prin ochiurile mobile prevăzute în ferestrele încăperii. Uneori, cînd suprafața ferestrelor este insuficientă, se construiesc deschideri cu jaluzele reglabile sub ferestre.

Deschiderile din luminator se prevăd cu panouri de geam mobile, cu jaluzele fixe sau mobile sau se lasă libere și se protejază împotriva vîntului prin panouri speciale.

Ventilarea naturală se organizează de la anotimp la anotimp și în cuprinsul aceleiași zile.

Organizarea de la anotimp la anotimp conține operațiile de manevrare a deschiderilor în următoarele scopuri : închiderea, în timpul iernii, a ochiurilor mobile sau a jaluzelelor din golurile situate la partea inferioară a încăperii și deschiderea ochiurilor mobile, situate la înălțime, pentru admisia aerului ; tot pentru perioada de iarnă, acoperirea parțială a deschiderilor din luminator ; pentru perioada de vară, deschiderea completă a tuturor golurilor pentru admisia și evacuarea aerului ; pentru perioadele de tranziție (primăvara și toamna), deschiderea parțială, după necesități, a golurilor de admisie și evacuare.

Organizarea ventilării naturale în cuprinsul aceleiași zile are drept scop protejarea sistemului de ventilare împotriva vîntului și folosirea

Scanned with OKEN Scanner

utilă a acestuia. În acest scop se acționează mai puțin asupra deschiderilor de intrare, care se lasă cît mai libere posibil și se manevrează organele de reglaj ale deschiderilor de evacuare. Este obligatoriu ca toate golurile din luminator expuse vîntului să fie închise și toate golurile de pe latura opusă celei pe care bate vîntul complet deschise. Este de asemenea obligatoriu ca, de îndată ce vîntul își schimbă direcția, să se manevreze deschiderile în sensul arătat.

Aceste măsuri sînt necesare din două motive : în primul rînd, pentru că dacă vîntul ar intra prin golurile din luminator, ieșirea aerului cald ar fi împiedicată ; un vînt puternic ar putea chiar să întoarcă aerul cald pînă în zona de lucru ; în al doilea rînd, dacă deschiderile care fac față vîntului sînt acoperite, pe latura cealaltă a luminatorului se creează o depresiune, datorită efectului de sucțiune al vîntului, care activează ieșirea aerului cald prin deschiderile respective, contribuind astfel în mod util la ventilarea naturală produsă de presiunea termică.

Pentru a asigura în orice situație suprafața necesară a deschiderilor de evacuare, aria reieșită din calcul se realizează atît pe o latură cît și pe cealaltă latură a luminatorului. În acest mod, dacă deschiderile de pe o latură sînt acoperite din cauza vîntului, suprafața de evacuare este asigurată de deschiderile de pe cealaltă latură. Această soluție duce la luminatoare înalte. Înălțimea poate fi redusă la jumătate, dacă luminatorul se prevede cu panouri de protecție contra vîntului (fig. 7.10). În această situație, aria de evacuare reieșită din calcul se repartizează în mod egal pe ambele laturi ale luminatorului.

O soluție similară pentru protecția deschiderilor de evacuare împotriva vîntului se poate realiza prin însăși forma acoperișului, după cum se indică în figura 7.11.

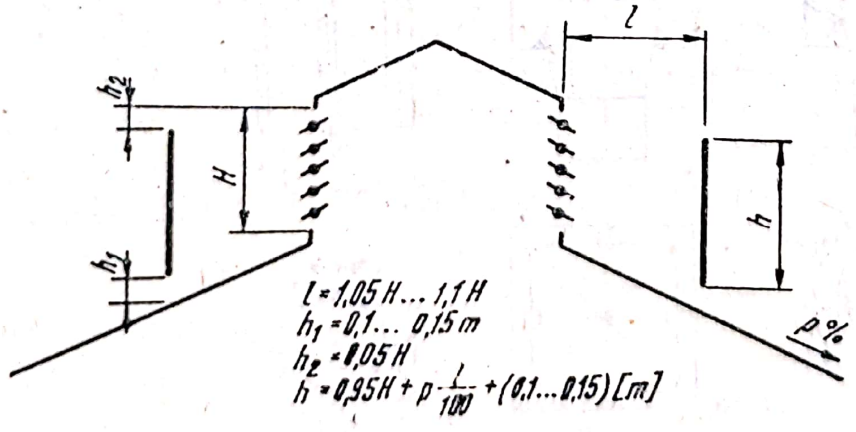


Fig. 7.10. Panouri de protecție a luminatorului contra vîntului.

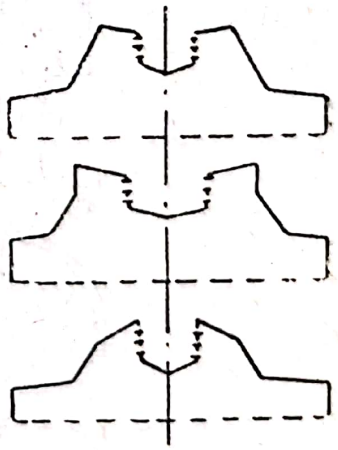


Fig. 7.11. Forme de acoperiș cu luminatoare protejate de vînt.

3. DEFLECTOARE

În cazurile în care pe acoperișuri nu există luminatoare, pentru evacuarea aerului se pot folosi deflectoarele.

Datorită rezistenței mari pe care o au aceste piese față de presiunea termică care creează ventilarea naturală, deflectoarele au o funcționare sigură numai dacă sînt expuse vîntului.

În figura 7.12 sînt reprezentate trei tipuri uzuale de deflectoare. Deflectorul *a* este unul din cele mai eficace și economice în același timp. Deflectorul *b* poate fi construit din lemn. Deflectorul în stea *c* este eficace, însă necesită material mai mult și este mai greu de executat decît deflectorul rotund *a*.

Toate dimensiunile deflectoarelor sînt date în funcție de diametrul *d* al tubului deflectorului.

4. REGULI GENERALE

Regulile importante ce trebuie respectate la realizarea ventilării naturale sînt prezentate în continuare.

a) Deschiderile pentru intrarea aerului în clădire trebuie să fie uniform repartizate și, dacă se cunoaște direcția vîntului predominant, trebuie amplasate pe latura expusă vîntului, la partea inferioară a clădirii. Deschiderile pentru evacuarea aerului trebuie dispuse pe latura opusă vîntului, la partea cea mai de sus a halelor.

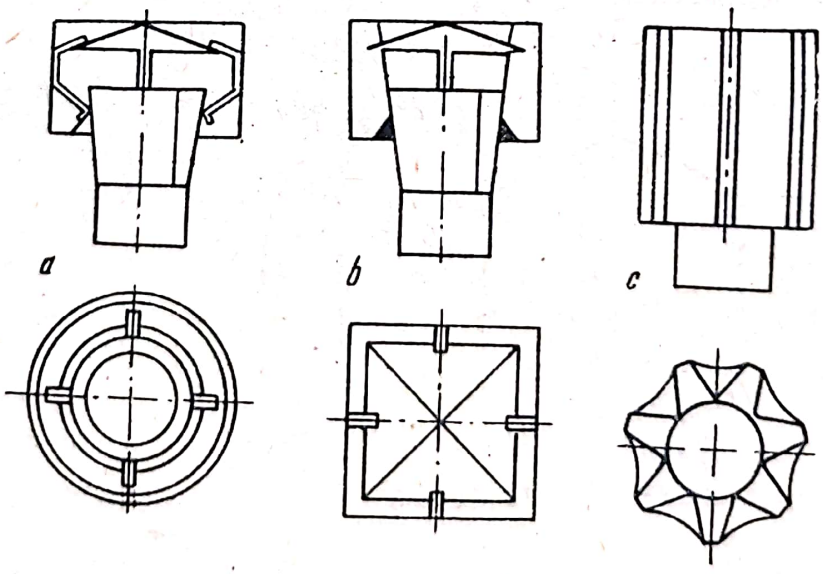


Fig. 7.12. Deflectcare :
a — deflector rotund ; *b* — deflector pătrat ; *c* — deflector în stea.

Scanned with OKEN Scanner

b) Dacă nu se cunoaște direcția vîntului predominant sau dacă aceasta este variabilă, deschiderile de intrare se realizează uniform pe perimetrul clădirii, iar deschiderile de evacuare determinate prin calcul se dispun, în totalitatea lor, pe fiecare din laturile luminatoarelor.

c) Deschiderile de intrare nu trebuie să fie acoperite în exterior de clădiri, copaci etc., iar în interior de pereți despărțitori.

d) Debitul maxim de aer de ventilare pe metru pătrat de deschidere de intrare și de ieșire se obține utilizînd suprafețe egale pentru ambele feluri de deschideri.

e) Dacă deschiderile de intrare sînt amplasate la o înălțime mai mare de 2 m de la pardoseală, în timpul verii nu se va realiza ventilarea zonei de lucru, ci numai a zonelor superioare acesteia.

f) Pentru ca diferența de temperatură dintre interiorul și exteriorul unei hale să poată produce un efect de ventilare este necesar ca între deschiderile de aer să fie o înălțime suficientă. Cu cît această înălțime este mai mare, cu atît ventilarea naturală este mai puternică. Dacă într-o hală cu degajări de căldură se prevăd numeroase deschideri pentru aer, dar toate la același nivel, efectul de ventilare este nesesizabil, oricît de mare ar fi diferența de temperatură dintre interior și exterior.

g) Într-o clădire industrială, utilajele care produc căldură și fum trebuie amplasate pe latura clădirii opusă direcției vîntului predominant, în vederea realizării unei ventilări naturale cît mai eficace.

h) În cazul cînd sursele de căldură nu pot fi dispuse pe latura opusă vîntului, partea de clădire în care sînt amplasate trebuie supraînălțată astfel ca vîntul, lovindu-se de această supraconstrucție, să creeze o regiune de depresiune ; în același timp, adaosul de înălțime mărește efectul ventilării naturale.

i) Deflectoarele pentru ventilarea naturală se montează pe partea cea mai de sus a acoperișului și nu trebuie să aibă în vecinătate nici un obstacol care să împiedice vîntul să le bată din plin.

j) Pe luminatoarele care au deschideri de evacuare nu se montează deflectoare chiar dacă deschiderile luminatorului sînt insuficiente, deoarece nu se obține nici o intensificare a efectului de ventilare naturală în hală.

k) Pentru hale cu lățimi sub 25 m se recomandă montarea unui singur rînd de deflectoare, paralel cu axa longitudinală a halei, iar pentru hale cu lățimi mai mari de 25 m, două rînduri de deflectoare. Distanța dintre două deflectoare de pe același rînd se alege, de obicei, de maximum 10 m.

Scanned with OKEN Scanner

C. VENTILAREA MECANICĂ GENERALĂ

1. MECANISMUL VENTILĂRII GENERALE. DILUȚIA

Ventilarea generală este un proces de diluție.

Noxa care viciază spațiul general al încăperii este diluată cu aer curat. Deci, mărimea asupra căreia acționează ventilarea generală este concentrația de substanțe nocive în aer.

Concentrația c se exprimă prin :

$$c = \frac{S}{V} \text{ [mg/m}^3\text{]}, \tag{7.1}$$

în care :

S este masa substanței nocive, în mg, amestecată în mod uniform cu aerul ;

V — volumul de aer, în m^3, care conține substanța nocivă.

Pentru fiecare substanță în parte, cercetările medicale au stabilit valoarea concentrației maxime admisibile c_a, care asigură condiții igienice de muncă. Aceste valori sînt specificate în normele republicane de protecție a muncii și stau la baza proiectării instalațiilor de ventilare din țara noastră.

Dacă într-o perioadă de timp t [ore] se degajă într-o încăpere, uniform și continuu, o masă S [mg] de substanță, debitul de substanță introdusă în aerul încăperii va fi :

$$Q = \frac{S}{t} \text{ [mg/h]}.$$

Pentru a realiza și menține în interiorul încăperii valoarea admisă de norme a concentrației c_a, formula de definiție (7.1) arată că este necesar ca încăperea să fie alimentată, uniform și continuu, pe întreaga perioadă de timp t, cu un volum de aer proaspăt, perfect curat :

$$V = \frac{S}{c_a} \text{ [m}^3\text{]}.$$

Împărțind această ecuație cu t se obține expresia debitului de aer necesar :

$$D = \frac{V}{t} = \frac{\frac{S}{t}}{c_a} = \frac{Q}{c_a} \text{ [m}^3\text{/h]}. \tag{7.2}$$

Scanned with OKEN Scanner

Uneori, acest debit se exprimă prin numărul n care arată de cîte ori se schimbă complet volumul de aer al încăperii (numărul de schimburi sau schimb de aer) :

$$n = \frac{D}{vol.\ încăp.} \text{ [nr. vol/h].}$$

Aerul curat fiind mediul de diluare, se impune ca încăperea ventilată să fie parcursă de un debit de aer fără impurități, care să asigure un amestec suficient cu aerul viciat pentru menținerea concentrației de substanțe nocive în limitele prescrise.

Cînd noxele se dezvoltă uniform în încăpere, aerul introdus prin ventilarea generală trebuie distribuit de asemenea uniform. Dacă însă repartizarea în încăpere a surselor nocive sau termice nu este cantitativ omogenă, aerul introdus, ca mediu de diluare de încălzire sau de răcire, trebuie distribuit proporțional cu mărimea surselor.

S-a arătat că ventilarea generală se realizează în mod obișnuit prin două instalații cu funcționare concomitentă : una pentru introducerea aerului proaspăt și a doua pentru aspirarea aerului viciat. Prima instalație îndeplinește funcția de diluare a noxelor pînă la concentrația dorită, prin amestecarea lor cu aerul proaspăt, iar a doua extrage din încăpere aerul viciat și realizează pe această cale evacuarea noxelor în exterior.

Sistemele de introducere au rolul predominant, deoarece ele realizează diluția.

Sistemele de aspirație generală nu-și bazează funcționarea pe captarea noxelor la sursă sau în vecinătatea acestora, chiar dacă, în cazurile cînd este posibil, gurile de aspirație se amplasează în apropierea locurilor de degajare. Sistemele de aspirație generală admit pătrunderea și difuzarea noxelor în încăpere și, deoarece lasă instalațiilor de introducere sarcina ameliorării condițiilor create, rolul lor devine secundar.

Cînd vecinătatea permite, instalațiile de aspirație pot să lipsească ; aerul viciat, purtător de noxe, va ieși din încăpere, în acest caz, datorită suprapresiunii create de instalația de introducere, prin deschideri întîmplătoare sau organizate.

■ Pot exista și cazuri în care să lipsească instalația de introducere, încăperea fiind dotată numai cu instalații de aspirație. Această dispoziție este însă admisibilă numai dacă pătrunderea aerului curat în încăpere, ca urmare a depresiunii create de instalațiile de aspirație, satisface condițiile unei distribuiri corecte, în aceeași măsură ca și funcționarea unui sistem de introducere mecanică. Cînd aceste condiții de distribuție sînt îndeplinite, sistemul de aspirație capătă implicit și rolul de introducere a aerului curat necesar diluției și, cu toate că acest rol are un caracter indirect, el rămîne totuși predominant din punct de vedere funcțional.

Scanned with OKEN Scanner

2. CALCULUL DEBITELOR DE AER ALE SISTEMELOR DE VENTILARE MECANICĂ GENERALĂ

Debitele de aer ale instalațiilor de ventilare mecanică generală se stabilesc în mod diferit, după funcțiunea pe care o îndeplinește instalația.

a. **Instalații de ventilare generală pentru diluarea substanțelor nocive.** Dacă aerul care se introduce în încăperea ventilată este perfect curat, debitul necesar se stabilește în conformitate cu relația 7.2.

Cînd aerul de ventilare conține el însuși impurități în concentrația c_0, de aceeași natură cu cele pe care trebuie să le dilueze, debitul necesar se calculează cu relația :

$$D = \frac{Q}{c_a - c_o} [\text{m}^3/\text{h}]. \qquad (7.3)$$

De obicei, degajările de noxe sînt alcătuite dintr-un amestec de mai multe substanțe, fiecare avînd, conform normelor, o concentrație limită admisibilă proprie.

În asemenea situații, debitul de aer necesar pentru diluarea amestecului se calculează în două moduri :

— dacă toate substanțele din amestec sînt nocive, fără a fi toxice sau iritante, debitul de aer se determină prin considerarea unei singure substanțe, și anume aceea la care corespunde debitul de aer maxim ;

— cînd amestecul conține mai multe substanțe toxice sau iritante, precum și în cazul unui amestec de vapori de mai mulți solvenți, debitul de aer se determină prin însumarea debitelor necesare pentru diluarea fiecărui constituent în parte ; pentru acest caz se scrie deci :

$$D = \frac{Q_1}{c_{a1}} + \frac{Q_2}{c_{a2}} + \ldots + \frac{Q_n}{c_{an}}, \qquad (7.4)$$

în care indicii $1 \ldots n$ se referă la cîte un constituent din amestec.

b. **Instalațiile de ventilare generală pentru eliminarea vaporilor de apă.** Cînd noxa este constituită de vapori de apă, concentrația din formula 7.3 poate fi înlocuită prin conținutul de umiditate al aerului umed, exprimat în grame vapori la 1 kg aer uscat. În acest caz formula 7.3 capătă forma :

$$D = \frac{Q}{x_i - x_e} [\text{kg}/\text{h}], \qquad (7.5)$$

în care :

Q este debitul de vapori de apă degajați în încăperea ventilată, în g/h ;

x_i — conținutul de umiditate al aerului din interiorul încăperii, corespunzător stării care se dorește a fi menținută, în g/kg ;

x_e — conținutul de umiditate al aerului proaspăt care se introduce în încăpere, în g/kg.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a se obține debitul de aer D (exprimat în m^3/h), în relația (7.5) se introduce masa specifică ρ a aerului proaspăt, deci :

$$D = \frac{Q}{\rho\,(x_i - x_e)}\ [m^3/h]. \tag{7.6}$$

c. **Instalații de ventilare generală pentru evacuarea căldurii.** Dacă noxa este constituită de căldura degajată sau transmisă în încăpere, concentrația din formula (7.3) se înlocuiește prin conținutul de căldură al aerului, adică $I = 1\,005\ t$ [J/kg] aer uscat. Formula (7.3) devine

$$D = \frac{Q}{1\,005\rho(t_i - t_e)}\ [m^3/h], \tag{7.7}$$

unde :

Q este debitul de căldură degajat sau transmis în încăpere, în J/h ;

t_i — temperatura aerului care trebuie menținută în interiorul încăperii, în °C ;

t_e — temperatura aerului exterior introdus în încăpere, în °C.

d. **Instalații de ventilare generală pentru încălzirea sau răcirea încăperilor.** În încăperile prevăzute cu sisteme de ventilare generală pentru diluarea și evacuarea noxelor, instalațiile de introducere a aerului proaspăt se proiectează, de obicei, astfel ca să realizeze concomitent și încălzirea, iar, uneori, și răcirea încăperilor. De asemenea, sistemele de creare a confortului sînt sisteme de ventilare generală pentru încălzirea sau răcirea încăperilor, în care aerul vehiculat are rol de agent termic.

Debitele de aer ale acestor sisteme sînt determinate de sarcina termică, de încălzire sau răcire a încăperii, de temperatura acesteia și de temperatura aerului introdus în încăpere.

■ Pentru instalațiile de încălzire, debitul total de aer ce trebuie introdus este :

$$D = \frac{Q}{1\,005\ \rho(t_s - t_i)}\ [m^3/h], \tag{7.8}$$

în care :

$Q = Q_p - Q_c$ este debitul de căldură introdus în încăpere prin aerul cald ;

Q_p — pierderile de căldură ale încăperii ;

Q_c — căldura degajată sau transmisă în încăpere (v. cap. 4) ;

ρ — masa specifică a aerului la temperatura de insuflare, t_s.

Scanned with OKEN Scanner

Temperatura de insuflare reiese din relația 7.8 :

$$t_s = t_i + \frac{Q}{1\,005\ \rho\ D}\ [°C]. \qquad (7.9)$$

Pentru a evita condiții de inconfort, temperatura de insuflare a aerului cald trebuie să se încadreze în următoarele limite :

— temperatura minimă, $t_s \geqslant (t_i + 2)$;

— temperatura maximă în cazul refulării aerului cald la o înălțime mai mică de 3,5 m, indiferent de direcția de insuflare a jetului, $t_s \leqslant 45°C$;

— temperatura maximă în cazul refulării aerului cald la o înălțime mai mare de 3,5 m, dar cînd jeturile de aer nu sînt îndreptate către zona ocupată, $t_s \leqslant 70°C$.

■ Pentru instalațiile de răcire, debitul total de aer ce trebuie introdus este :

$$D = \frac{Q}{1\,005\ \rho(t_i - t_s)}\ [m^3/h], \qquad (7.10)$$

în care :

$Q = Q_c - Q_p$ este debitul de căldură extras din încăpere prin aerul de ventilare ;

Q_c — aporturile de căldură calculate în conformitate cu indicațiile date la capitolul 4 ;

Q_p — debitul de căldură extras din încăpere prin elementele de construcție sau de către diferitele instalații și aparataje tehnologice ;

ρ — masa specifică a aerului la temperatura t_s.

Expresia temperaturii de insuflare se deduce din relația 7.10 :

$$t_s = t_i - \frac{Q}{1\,005\ \rho\ D}\ [°C]. \qquad (7.11)$$

Temperatura de insuflare a aerului rece trebuie să fie cu 3...10°C mai coborîtă decît temperatura ce se urmărește a se menține în interiorul încăperii.

e. **Instalații de ventilare generală pentru împrospătarea aerului în încăperile cu aglomerări de persoane.** Debitele de aer calculate în conformitate cu indicațiile date la paragrafele anterioare trebuie să asigure alimentarea persoanelor din încăpere cu oxigenul necesar respirației și trebuie să dilueze și să elimine bioxidul de carbon rezultat prin respirație, precum și mirosul corpurilor oamenilor.

Scanned with OKEN Scanner

■ În general, debitele de aer vehiculate în instalațiile din clădirile industriale sînt mult mai mari decît cele necesare pentru satisfacerea acestor condiții. Pe de altă parte, volumele mari ale halelor industriale, precum și numărul de muncitori din ce în ce mai redus ca urmare a mecanizării și automatizării proceselor tehnologice moderne, fac ca debitele de aer proaspăt necesare activității fiziologice a oamenilor să aibă valori relativ scăzute.

■ Cu totul alta este situația în clădirile social-culturale, administrative, publice, comerciale etc., în care sursa principală de viciere este constituită de prezența și mai ales de aglomerarea oamenilor. În aceste clădiri, debitele de aer proaspăt pentru respirație și pentru înlăturarea degajărilor umane nu mai reprezintă cifre ce trebuie verificate de debitele stabilite după alte criterii, ca în clădirile industriale, ci devin date fundamentale pentru stabilirea calculelor.

Elementul de bază îl constituie debitul de aer necesar pentru un om, denumit rație de aer proaspăt și notat cu R. Debitul de aer exterior cu care trebuie ventilată o încăpere cu un număr N de oameni este deci $D = NR$.

În tabela 7.1 sînt indicate cîteva valori ale rației de aer proaspăt pentru diferite categorii de persoane și de încăperi.

În numeroase cazuri din practică nu sînt cunoscute datele necesare calculării debitului de aer în conformitate cu formulele date. Pentru aceste situații sînt întocmite tabele care arată numărul de schimburi necesar. Tabela 7.1 constituie un exemplu succint. Debitul de aer rezultă din produsul dintre numărul de schimburi și volumul încăperii. Această metodă este însă puțin exactă și, ori de cîte ori este posibil, trebuie aplicate formulele respective.

3. ELEMENTELE CONSTRUCTIVE ALE SISTEMELOR DE VENTILARE GENERALĂ

Sistemul de ventilare generală se compune, în mod obișnuit, din două instalații distincte : una pentru introducerea aerului proaspăt și una de aspirație.

Instalațiile de introducere a aerului se compun din : o priză de aer proaspăt, o centrală de ventilare și o rețea de conducte cu guri de refulare.

Instalațiile de aspirație se compun din : o rețea de conducte cu guri de aspirație, un ventilator, la nevoie un filtru sau separator de noxe și un dispozitiv de evacuare a aerului în exterior.

Prizele de aer proaspăt se montează întotdeauna în locuri cît mai curate, ferite de vînt și de soare și la o distanță cît mai mare de gurile

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 7.1

Raţia de aer proaspăt şi numărul de schimburi de aer

Categoria persoanelor care ocupă încăperea sau destinaţia încăperii	Raţia de aer proaspăt m³/h persoană	Schimb de aer volume/h
1	2	3
Muncitori	40	
Copii de şcoală	35	
Adulţi aşezaţi, în repaus	20	
Apartamente		
Camere de baie		4
Camere de duş		10
Bucătării		15
Closete		5
Biblioteci publice		
Săli de lectură		8
Birouri		
Comune, fumători şi nefumători	25	6—8
Individuale cu fumători	50	10
Individuale fără fumători	40	6
De conducere	85	
Camere de măsurări şi încercări		8—15
Cantine		6— 8
Cinematografe	30	8—15
Garaje:		
mici		10—15
mari		6— 8
Hale umede		15—25
Heliograf (ateliere de reproducere)		10—15

Scanned with OKEN Scanner

TABELA 7.1 *(continuare)*

1	2	3
Încăperi industriale pentru :		
— ateliere mecanice		6 — 10
— baițuit		5 — 15
— brutării		20 — 30
— încărcare acumulatoare		10 — 15
— montaj		6 — 8
— tratamente termice		30 — 60
— turnătorii		20 — 30
— vopsire cu pensula		15 — 20
— vopsire prin pulverizare		peste 50
Laboratoare	35	6 — 10
Magazine :		
— mici	17	4 — 8
— mijlocii	15	4 — 8
— universale	13	6 — 8
Restaurante		5 — 12
Săli de cazane		20 — 30
Săli de conferințe :		
— fără fumători		4 — 6
— cu fumători	50 — 85	8 — 12
Spălătorii mecanice :		
— săli cu mașini de spălat		15 — 25
— călcătorii		10 — 15
— calandre cu abur		10 — 15
Spălătoare de persoane		5 — 10
Spitale :		
— săli de operație		8 — 10
— saloane de bolnavi, boli interne	60	
— idem, boli de piele, infecțioase și chirurgie	75	5 — 8
— idem, epidemice	max. 170	max. 10
— idem, copii	35 — 70	5 — 8
— băi		5 — 8
Școli — săli de clasă	20 — 50	5 — 8
Teatre	25 — 50	10 — 15
Vestiare		5
Closete publice		10 — 12

Scanned with OKEN Scanner

sau dispozitivele de evacuare ale instalațiilor de aspirație. Ori de cîte ori este posibil se urmărește ca prizele de aer proaspăt să fie amplasate în zone verzi, pe latura clădirii opusă direcției vîntului predominant și la o înălțime cît mai mare față de sol.

Gurile de refulare și de aspirație se amplasează în funcție de densitatea substanțelor nocive. Dacă substanțele nocive degajate au o densitate mai mare decît cea a aerului, ele cad către pardoseală și se obișnuiește ca gurile de aspirație să se amplaseze la partea inferioară a încăperii, iar gurile de refulare, la partea superioară. Cînd densitatea substanțelor degajate este mai mică față de cea a aerului, gurile de aspirație se montează la înălțime cît mai mare de pardoseală ; gurile de refulare pot fi, în acest caz, montate, de asemenea, la partea superioară a încăperii, dar este de preferat pe peretele opus celui pe care sînt amplasate gurile de aspirație.

Dacă în încăperea ventilată, pe lîngă degajări de gaze sau vapori există și degajări de căldură de la surse termice interioare, amplasarea gurilor de aspirație la înălțime cît mai mare față de pardoseală este obligatorie, indiferent de densitatea gazelor sau vaporilor în raport cu aerul, deoarece căldura degajată creează curenți de convecție care ridică substanțele nocive către tavan, chiar dacă, cînd sînt reci, densitatea lor este mai mare decît a aerului.

Centrala de ventilare (fig. 7.13) se compune dintr-o cameră de amestec, un filtru de praf, o baterie de încălzire și un ventilator *V*.

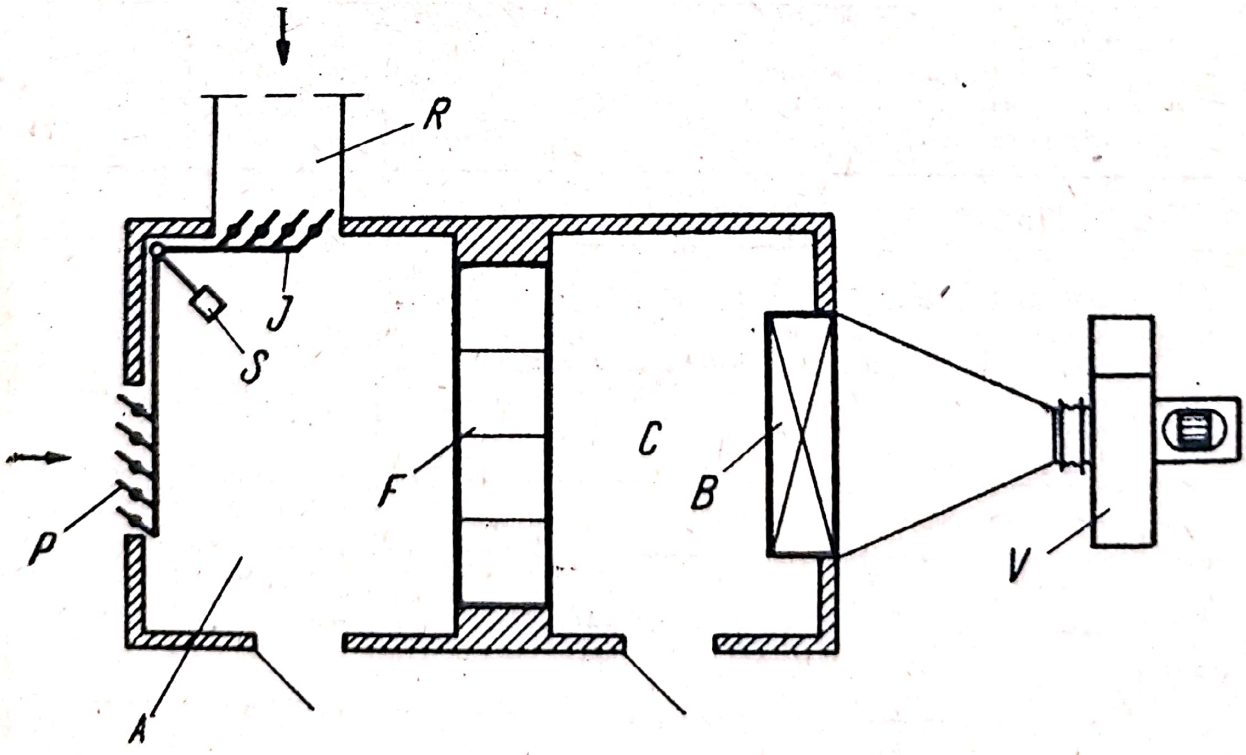


Fig. 7.13. Centrală de ventilare.

Scanned with OKEN Scanner

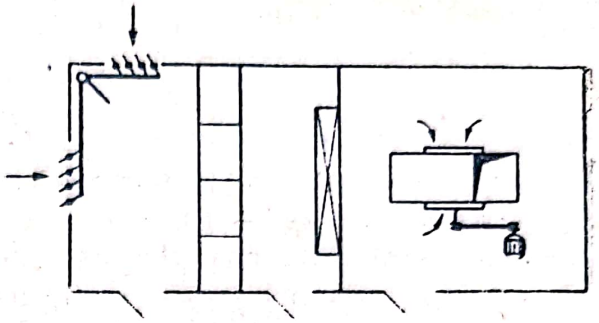


Fig. 7.14. Centrală de ventilare cu ventilator dublu aspirant.

Compartimentul *A* este camera de amestec în care pătrunde aerul exterior prin priza de aer *P* și aerul de recirculație *R* adus din încăperea ventilată. Reglarea proporției dintre aerul proaspăt și cel de recirculație se poate realiza prin jaluzele conjugate *J*, care pot fi acționate manual sau automat, prin servomotorul *S*. În cazul în care instalația lucrează fără recirculație, compartimentul *A* devine o cameră de aer. După amestec aerul este curățat de praf în filtrul *F* și, în timpul iernii, încălzit în bateria *B*. Între filtru și baterie se prevede, de obicei, un compartiment *C* pentru a distanța aceste două elemente, întrucît cele mai multe tipuri de filtre trebuie ferite de aerul cald sau de radiația bateriei. Aceasta este una din cauzele pentru care bateria se montează, în circuitul de aer, după filtru. O altă cauză constă în necesitatea de a circula prin baterie aer curățat de praf, pentru a se înlătura pericolul de înfundare a bateriei.

Accesul în compartimente pentru întreținerea filtrului și bateriei de încălzire se asigură prin uși etanșe, de obicei metalice.

— O variantă constructivă utilizată deseori pentru comoditatea ei este reprezentată schematic în figura 7.14. Ventilatorul centrifugal monoaspirant, este înlocuit printr-un ventilator dublu-aspirant, montat într-un compartiment etanș.

D. VENTILAREA LOCALĂ PRIN INTRODUCEREA AERULUI

Principiul de funcționare a sistemelor de ventilare locală prin introducerea aerului constă în dirijarea către sursa nocivă a unor jeturi de aer în scopul de a izola sursa de restul încăperii sau de a crea local condiții normale.

Sistemele uzuale de introducere locală a aerului sînt *perdelele de aer* și *dușurile de aer*.

1. PERDELE DE AER

Perdelele de aer sînt constituite din jeturi plane create în dreptul surselor nocive, pentru a împiedica propagarea în zona de lucru a efectelor produse de aceste surse (fig. 7.15, 7.16). Gazele, fumul sau vaporii degajați de la utilaje sînt antrenați de către curenții de aer, intră în masa jeturilor și sînt evacuați prin sisteme de aspirație.

Perdelele de aer constituie, în general, o soluție eficace, cu condiția ca jeturile să se desfășoare libere. Orice obstacol în calea lor produce șocuri și vîrtejuri care pot determina răspîndirea aerului viciat în zona de lucru.

Debitele de aer și caracteristicile jeturilor se determină în funcție de procesul de degajare, de curenții de aer din încăperea respectivă, de curenții de convecție produși de utilaj, de existența pieselor în mișcare ale utilajului etc. În general, cu cît jeturile sînt mai expuse la acțiuni perturbatoare, cu atît grosimea lor (lățimea fantei) trebuie să fie mai mare, iar viteza inițială mai ridicată. La procese cu degajări de gaze, vapori sau fum în volum mare, trebuie să corespundă perdele de aer cu debit mare.

Perdelele de aer sînt utilizate frecvent pentru a împiedica pătrunderea în încăperi, prin ușile deschise, a aerului rece din exterior.

Perdelele de aer la uși sînt de trei tipuri : orizontale, verticale unilaterale și verticale bilaterale.

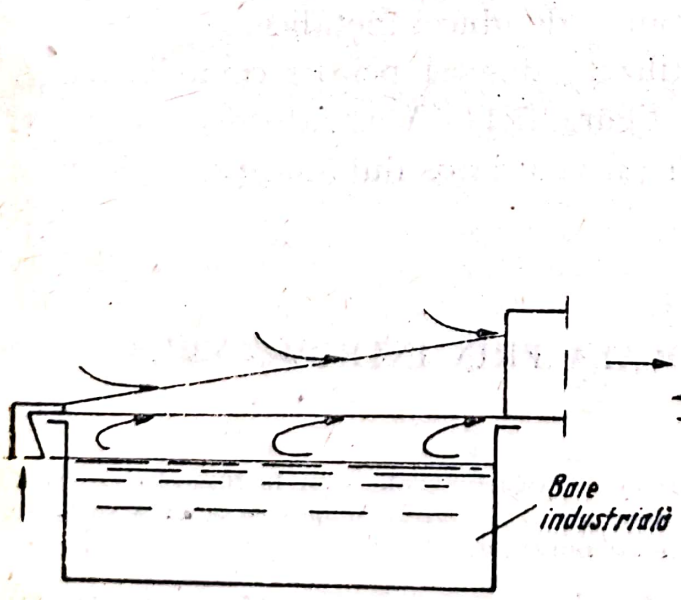


Fig. 7.15. Perdea de aer la o baie industrială.

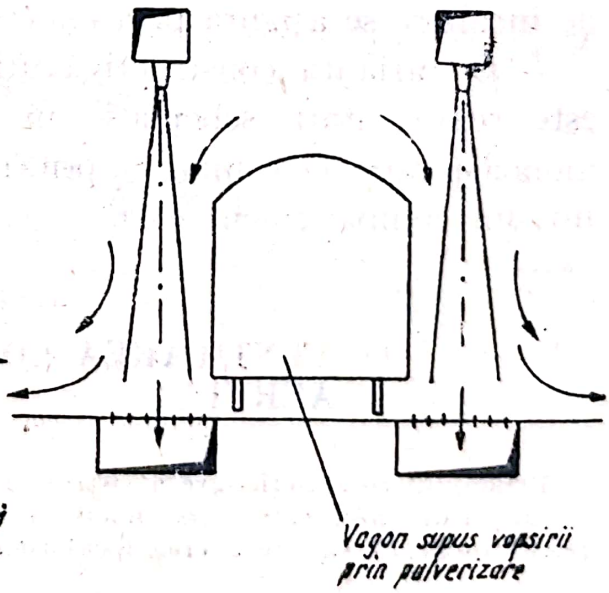


Fig. 7.16. Perdele de aer la vopsirea prin pulverizare a unui vagon.

Scanned with OKEN Scanner

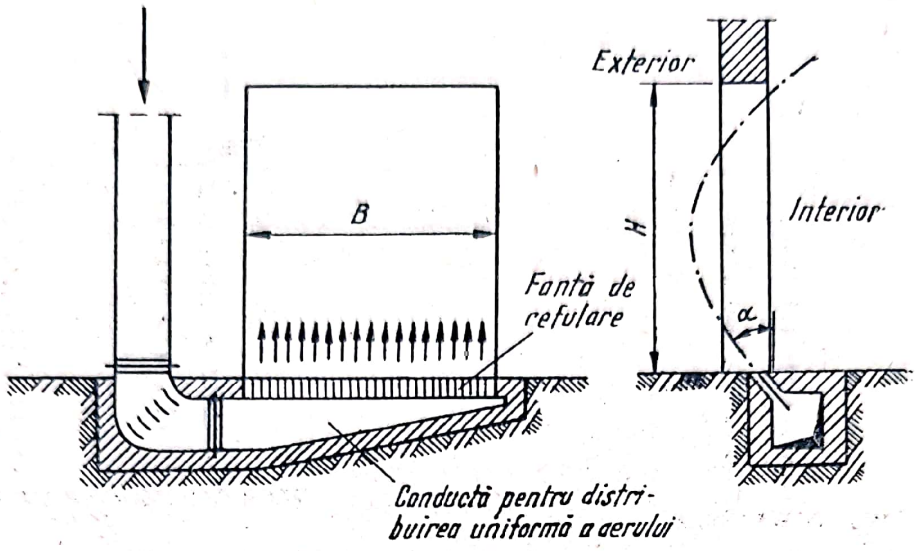


Fig. 7.17. Perdea de aer orizontală.

Perdelele de aer orizontale (fig. 7.17) se realizează, de obicei, de-a lungul laturii inferioare a deschiderii, deoarece curentul de aer care pătrunde din exterior are viteza cea mai mare la nivelul pardoselii și deci aceasta este zona în care se urmărește folosirea efectului maxim al jeturilor. Forma constructivă a acestui tip de perdea de aer este indicată în figura 7.17.

Din punct de vedere funcțional, perdelele orizontale sînt mai avantajoase, deoarece împiedică mai bine pătrunderea aerului din exterior, dar prezintă inconveniente mari determinate de înfundarea fantelor și chiar a conductei de distribuție, astfel încît utilizarea lor este limitată numai la uși în hale curate, care sînt mai rare în practică, mai ales cînd prin uși există o circulație frecventă de materiale și persoane.

Acest tip de perdele este dezavantajos și în situațiile în care mijloacele de transport, mai ales cele cu platforme, trebuie să staționeze în ușă împiedicînd în acest mod dezvoltarea jeturilor de aer.

Perdelele de aer verticale înlătură în cea mai mare parte aceste inconveniente. Perdelele unilaterale (fig. 7.18) se folosesc la uși cu lățimi mici, sub 3—4 m, și perdelele bilaterale (fig. 7.19) pentru lățimi mai mari.

Perdelele bilaterale au două avantaje, și anume: dimensiunile conductelor de distribuție sînt mai mici, ceea ce are importanță, de obicei, la amplasarea lor, și faptul că aceste perdele acoperă în orice situație planul ușii, chiar dacă mijlocul de transport staționează temporar în deschidere, în timp ce perdeaua unilaterală, în această situație, se întrerupe.

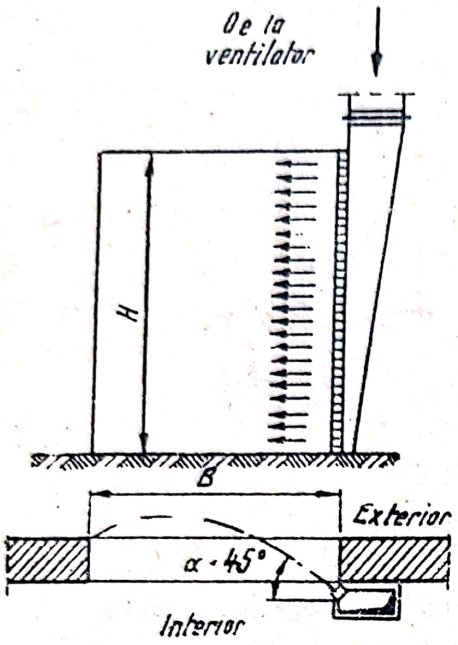


Fig. 7.18. Perdea de aer verticală unilaterală.

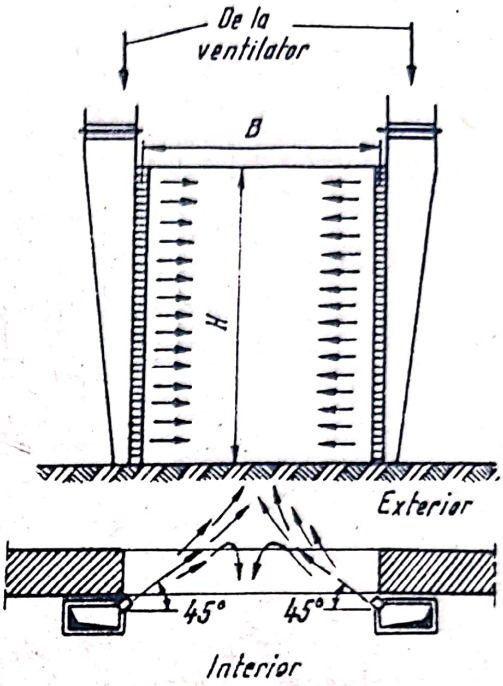


Fig 7.19. Perdea de aer verticală bilaterală.

2. DUȘURI DE AER

Dușurile de aer sînt instalații pentru introducerea concentrată a aerului proaspăt în locurile de muncă cu degajări puternice de căldură, provenite mai ales de la radiații calorice.

Dușurile de aer se instalează, de exemplu, la ușile cuptoarelor industriale, la locurile de turnare a metalului topit, la cajele laminoarelor, la gurile de vînt și de scurgere ale furnalelor etc.

Scopul dușurilor de aer este ca, în funcție de intensitatea radiațiilor calorice la locul de muncă, să creeze în regiunea umerilor lucrătorilor un curent de aer cu o viteză și o temperatură care să ducă la o senzație fiziologică acceptabilă.

Jeturile de aer ale dușurilor trebuie să fie astfel dirijate încît aerul curat să ajungă întîi la muncitor și apoi să se vicieze. Astfel, de exemplu, dușurile de aer montate la ușile cuptoarelor și suflînd aerul în fața muncitorilor dau rezultate nesatisfăcătoare, deoarece oamenii primesc în față aerul încălzit de cuptoare. Amplasate însă în spatele muncitorilor, dușurile dau rezultate bune.

Domeniul de aplicare al dușurilor de aer este fixat de normele de protecție a muncii care recomandă ca la locurile de muncă permanente, în care intensitatea radiației calorice întrece valoarea de 700 W/m², să se prevadă dușuri de aer.

Scanned with OKEN Scanner

E. VENTILAREA LOCALĂ PRIN ASPIRAREA AERULUI

1. TIPURI CONSTRUCTIVE DE DISPOZITIVE DE ASPIRAȚIE LOCALĂ

Ventilarea locală își concentrează acțiunea asupra locurilor în care se produc degajările nocive, urmărind aspirarea lor înainte de a se putea împrăștia în zona de lucru. Elementele esențiale ale acestor instalații sînt deci dispozitivele de aspirație locală, care, după modul cum realizează aspirația și după gradul de acoperire a sursei de degajare, se împart în trei categorii : deschise, semiînchise și închise.

a. Dispozitive de aspirație locală deschise. Din această categorie fac parte : hotele deschise, dispozitivele de aspirație laterală la băi, dispozitivele de aspirație la mese și gurile de captare deschise.

Hotele deschise (fig. 7.20) sînt, în general, pîlnii mari montate deasupra locului unde se produc degajări nocive mai ușoare decît aerul, cum ar fi, de exemplu : băile de călire sau răcire, focurile de forjă, ușile cuptoarelor industriale etc.

Funcționarea hotei poate fi influențată de curenții de aer transversali care există în hale. Dacă dimensiunile hotei sînt mari, un singur racord de aspirație nu este suficient, deoarece zona de depresiune formată nu acoperă întreaga deschidere a hotei, ci numai o regiune restrînsă, în dreptul racordului, de aspirație. Pentru a se evita acest inconvenient, se mărește numărul de racorduri, astfel încît distanța dintre racorduri să fie de circa 1 500 mm ; pentru activarea eficacității hotei, se pot prevedea pereți verticali despărțitori (fig. 7.21).

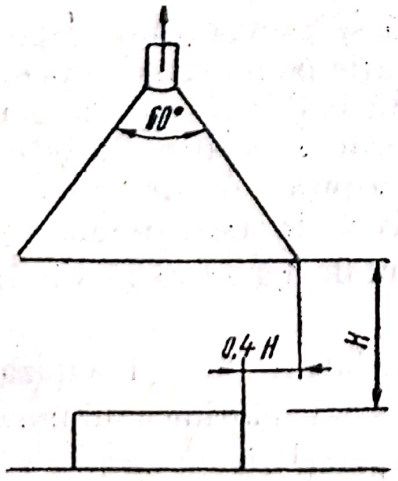


Fig. 7.20. Hotă simplă deschisă.

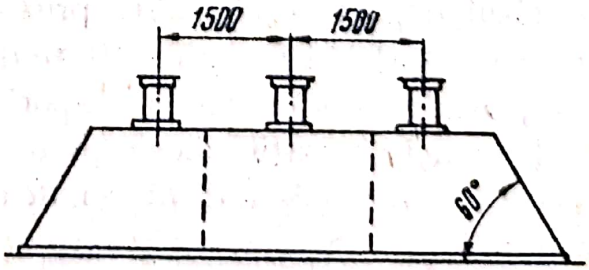


Fig. 7.21. Hotă cu racorduri multiple.

Scanned with OKEN Scanner

În multe cazuri, montarea hotelor deasupra utilajelor nu este posibilă, din cauză că piesele ce se prelucrează trebuie aduse de poduri rulante, monoraiuri etc. În asemenea situații, hotele deschise pot căpăta formele din figurile 7.22 și 7.23.

Deseori, nici aceste forme nu convin procesului tehnologic și de manipulare a obiectelor. În aceste cazuri se recurge la *hote telescopice* (fig. 7.24) sau *pivotante* (fig. 7.25).

Hota dublă (fig. 7.26) constă dintr-o hotă obișnuită, avînd în interior pereți care alcătuiesc o a doua hotă ; aceasta din urmă este astfel dispusă încît pe întregul perimetru dintre cele două hote se formează o fantă îngustă care, creînd o viteză mare de aspirație, împiedică gazele sau vaporii să iasă de sub hotă. Pentru un același debit de aer ca al hotei simple, hota dublă are o eficacitate considerabil sporită. Costul ridicat al acestei hote o face să fie întrebuințată numai în cazurile de toxicitate a degajărilor nocive. Pentru ca picăturile de condensat ce se formează pe pereții hotei interioare (în cazul aspirației de vapori) să nu reprezinte un inconvenient, se recomandă ca acești pereți să fie prevăzuți la marginile inferioare cu un jgheab pentru colectarea condensatului. În cazul cînd degajările conțin uleiuri sau rășini, care se depun pe pereți și ulterior se pot aprinde, este necesar ca hota să fie prevăzută cu uși de curățire.

■ *Dispozitivele de aspirație laterală* sînt montate, de obicei, pe laturile lungi ale băilor. Un asemenea dispozitiv este compus dintr-o conductă în care se practică o fantă de lungime egală cu dimensiunea interioară a băii (fig. 7.27).

Se recomandă ca pentru băi cu lățimea de maximum 450 mm să se utilizeze dispozitive de aspirație montate pe o singură latură, iar pentru băi cu lățimea de 450—700 mm, dispozitive de aspirație montate pe ambele laturi lungi.

Pentru băi cu lățimi mai mari este necesar să se prevadă un dispozitiv de refulare pe o parte a băii și unul de aspirație pe marginea opusă (fig. 7.28). Această dispoziție creează la suprafața băii o perdea de aer orizontală, care împiedică răspîndirea gazelor sau vaporilor. Debitul de aer refulat trebuie să fie mai mic decît cel aspirat, deoarece dacă debitul de aer refulat este prea mare, dispozitivul de aspirare nu va putea absorbi întreaga cantitate de aer, iar excesul de aer se va răspîndi în jurul băii, încărcat cu vapori nocivi.

În cazul aspirației locale pe una sau pe ambele laturi ale băii, viteza aerului în fantă este, de obicei, de maximum 10 m/s, iar înălțimea minimă a fantei de 25 mm. Dispozitivul de aspirație nu trebuie să mărească lățimea băii cu mai mult de 150 mm pentru fiecare margine prevăzută

Scanned with OKEN Scanner

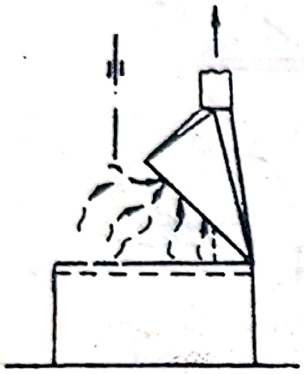


Fig. 7.22. Hotă înclinată.

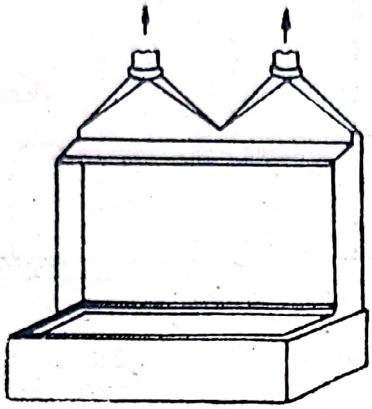


Fig. 7.23. Hotă dublă deschisă.

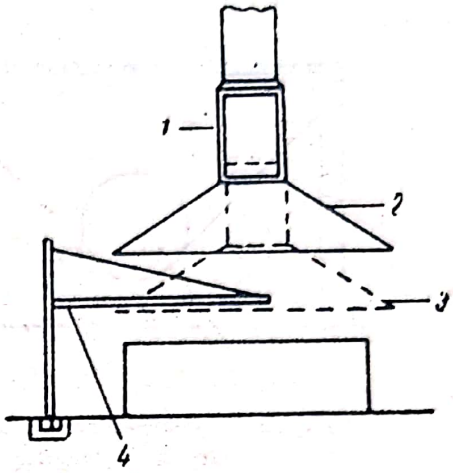


Fig. 7.24. Hotă telescopică :
1 — conductă telescopică ;
2 — hotă în poziție ridicată ;
3 — hotă în poziție coborîtă ;
4 — monorai.

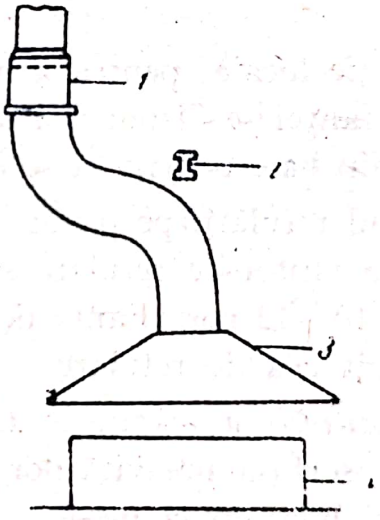


Fig. 7.25. Hotă pivotantă :
1 — manșon rotativ ;
2 — montant fix ; *3* — hota în poziția deasupra băii ;
4 — baie.

Fig. 7.26. Hotă dublă.

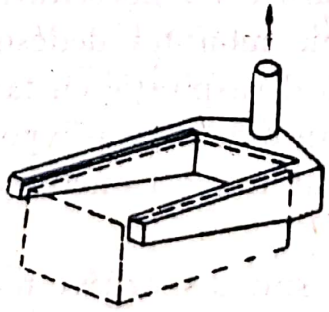


Fig. 7.27. Baie cu dispozitive de aspirație bilaterală.

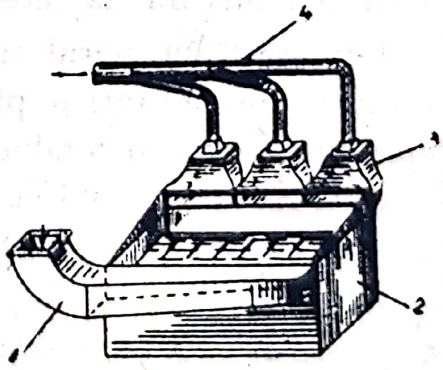


Fig. 7.28. Baie cu dispozitiv de aspirație pe o latură și de refulare pe latura opusă :
1 — conductă de refulare ;
2 — baie ; *3* — dispozitiv de aspirație ; *4* — conductă de aspirație.

Scanned with OKEN Scanner

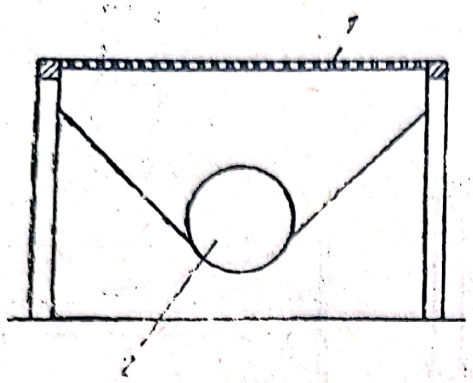


Fig. 7.29. Dispozitiv de aspirație de la o masă :
1 — grătar ; *2* — conductă de aspirație.

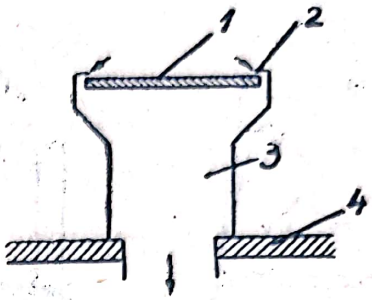


Fig. 7.30. Fante de aspirație laterală la o masă :
1 — tăblia mesei ; *2* — fantă de aspirație ; *3* — cameră de absorbție ; *4* — pardoseală.

cu aspirație locală, pentru a nu stînjeni lucrul la baie. Marginea inferioară a fantei se dispune la o înălțime de circa 150 mm de la nivelul soluției din baie pentru a se evita pătrunderea lichidului în instalație.

În cazul refulării pe o parte și aspirației pe latura opusă, înălțimea minimă a fantei de refulare se ia de 5—7 mm, iar viteza aerului prin fantă de 10—12 m/s. Fanta de aspirație trebuie să aibă o înălțime mai mare decît cea de refulare.

■ *Dispozitivele de aspirație de la mese* (fig. 7.29 și 7.30) se utilizează pentru absorbția nocivităților mai grele decît aerul, care se dezvoltă în timpul lucrului la mese.

În figura 7.29, aerul încărcat cu nocivități intră, printr-un grătar așezat pe masă, într-o pîlnie montată dedesubt. Pîlnia este pusă în depresiune printr-o conductă de aspirație cu fante. În figura 7.30 masa de lucru este prevăzută cu fante de aspirație pe toată lungimea laturilor mari. Aerul viciat este aspirat într-o cameră care închide toată partea de dedesubt a mesei.

■ *Gurile de captare deschise* sînt dispozitive montate în imediata apropiere a surselor de generare pentru a capta nocivitățile degajate. În figura 7.31 sînt indicate cîteva forme de guri de captare.

b. **Dispozitive de aspirație locală semiînchise.** Dispozitivele de aspirație semiînchise acoperă sursa de degajări nocive, lăsînd cel puțin

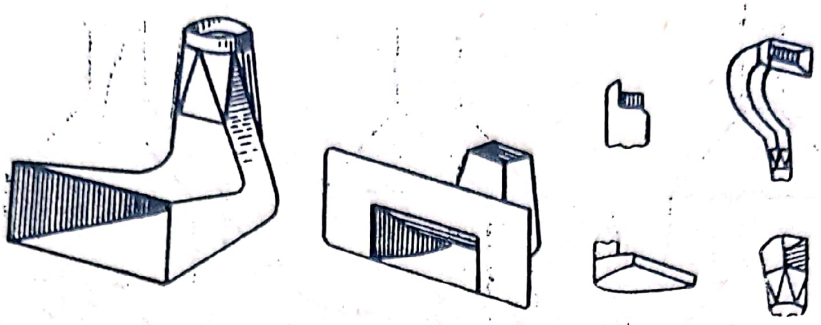


Fig. 7.31. Guri de captare.

o deschidere liberă, care servește atît pentru efectuarea operațiilor de lucru cît și ca deschidere de aspirație.

Ca eficacitate, această categorie de dispozitive de aspirație este superioară celor deschise ; prezintă însă, în general, inconvenientul că stînjenesc, într-o oarecare măsură, servirea utilajelor.

Dintre dispozitivele de aspirație semiînchise fac parte : nișele, hotele cu pereți laterali și dispozitive care îmbracă parțial scula de lucru.

■ *Nișele* sînt dispozitive de aspirație care, de obicei, închid pe trei părți locurile unde se produc degajările nocive, lăsînd o deschidere frontală prin care se lucrează.

Nișele au aplicații foarte variate și, în toate cazurile, eficacitatea lor este ridicată.

Într-o reprezentare schematică, aspirația aerului din nișe poate fi făcută după una din cele trei metode indicate în figura 7.32 astfel : aerul poate fi aspirat numai de la partea superioară a nișei (fig. 7.32, *a*), numai de la partea inferioară a nișei (fig. 7.32, *b*) sau atît de la partea superioară cît și de la cea inferioară a nișei (fig. 7.32, *c*).

— Nișa cu aspirație superioară se folosește în cazul în care, în interiorul ei, au loc degajări de căldură sau de gaze cu masă specifică mai mică decît a aerului. În această situație, degajările nocive mai ușoare decît aerul, care ar putea scăpa din interiorul nișei, mai ales pe la marginea superioară a deschiderii de lucru, sînt împiedicate să iasă în exterior, datorită faptului că tocmai în această zonă aspirația este mai puternică.

— Nișa cu aspirație inferioară se folosește în împrejurările în care degajările nocive din interior sînt mai grele ca aerul. Această nișă este

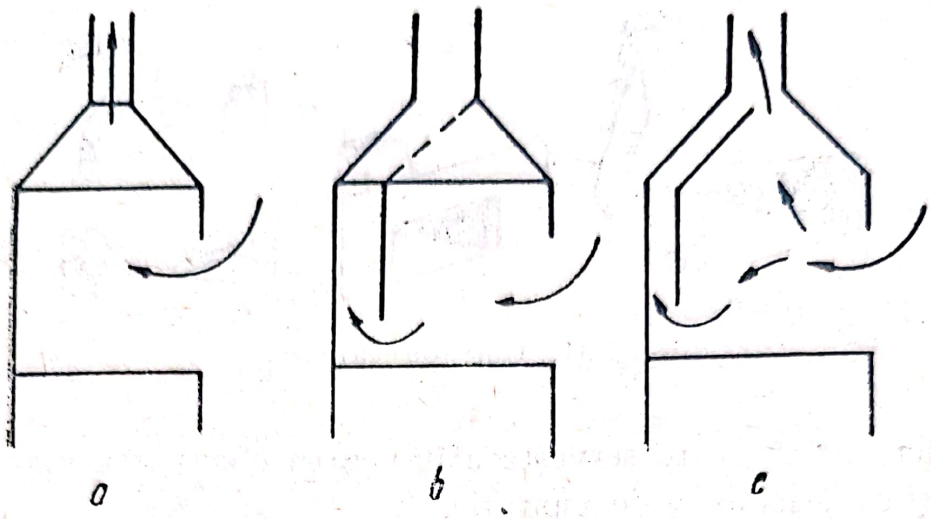


Fig. 7.32. Metode pentru aspirația aerului din nișe.

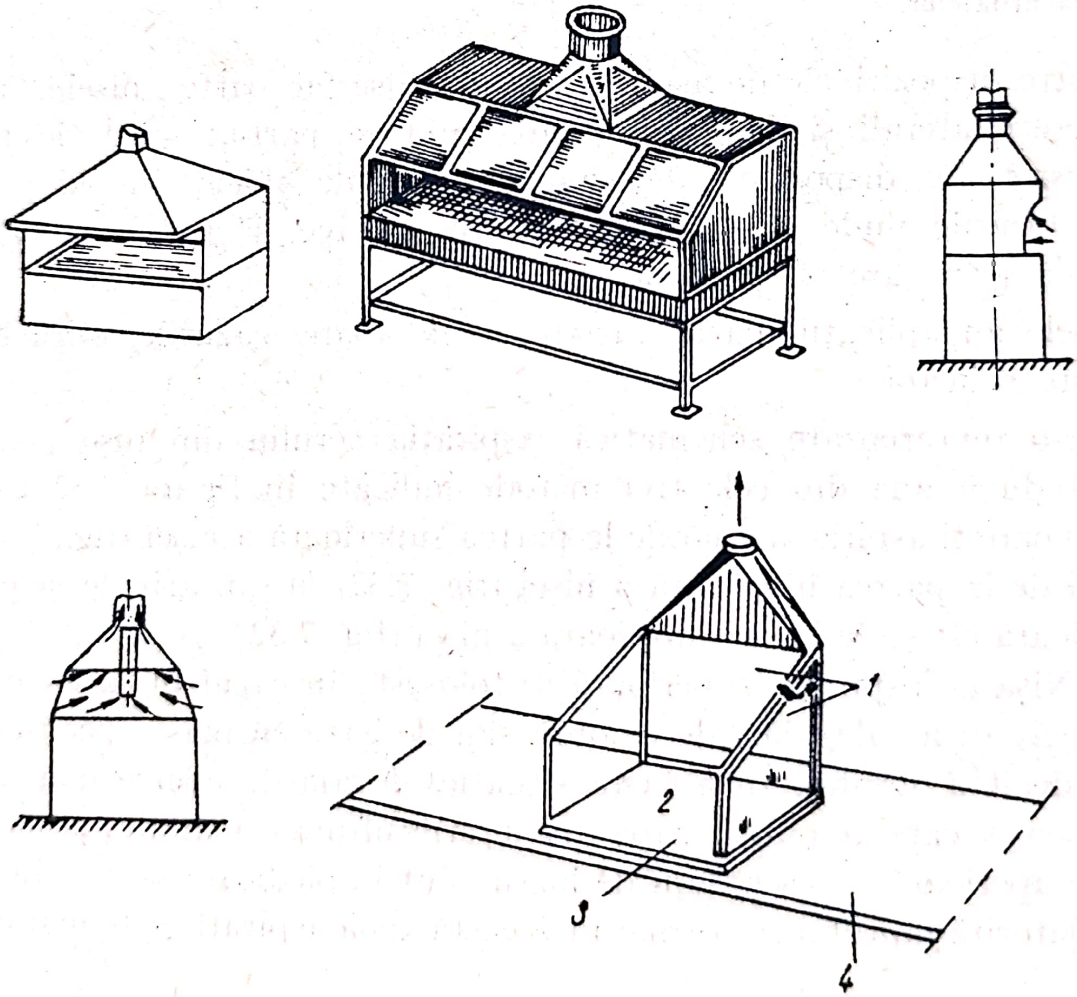


Fig. 7.33. Modele de nișe :
1 — pereți laterali, superior și inferior din sticlă ; *2* — suprafață de lucru ; *3* — deschidere de lucru ; *4* — masă.

Scanned with OKEN Scanner

tipică pentru locurile de muncă cu degajări de praf. Aspirația mai intensă în dreptul marginii inferioare a deschiderii asigură o eficacitate mai mare a dispozitivului.

— Nișa cu aspirație combinată, la partea superioară și cea inferioară, se recomandă pentru cazurile în care degajările din interior sînt o parte mai grele și o parte mai ușoare decît aerul. De asemenea, această nișă se folosește și în cazurile în care nu se cunoaște exact natura și greutatea specifică a substanțelor degajate.

În practică, nișele se prezintă sub diferite forme. Cîteva dintre acestea sînt indicate în figura 7.33.

■ *Hotele cu pereți laterali* sînt hote obișnuite care au pereți laterali rabatabili (fig. 7.34) prevăzuți pe una, două sau trei laturi ale hotei.

Eficacitatea acestor hote este mult mai mare decît cea a hotelor simple, deoarece degajările de nocivități au loc într-un spațiu închis.

Prin deschiderile libere în fața cărora stă muncitorul, aerul din încăpere este aspirat în interiorul hotei, împiedicînd astfel nocivitățile să scape în zona de lucru.

■ *Dispozitivele care îmbracă parțial scula de lucru* (fig. 7.35—7.38) sînt constituite din pereți, de obicei din tablă groasă, care închid în cea mai mare parte locul în care scula atacă piesa de prelucrat. Exemple de asemenea dispozitive sînt cele care îmbracă parțial cuțitele, sculele, pietrele de polizor, ferăstraiele, șaibele mobile ale utilajelor de la care se degajă praf.

Dispozitivele din această categorie realizează, în general, o aspirație eficace, dar sînt deseori combătute datorită faptului că stînjenesc procesul de lucru, vizibilitatea sau mișcările muncitorilor. Experiența arată însă că o formă și o montare judicioasă pot satisface toate cerințele.

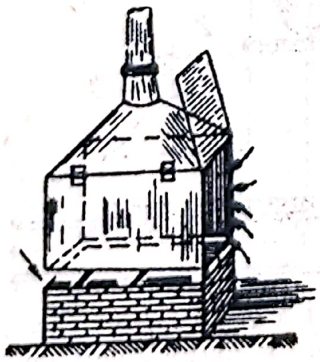


Fig. 7.34. Hotă cu pereți laterali rabatabili.

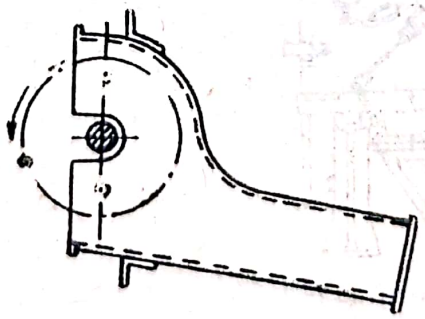


Fig. 7.35. Dispozitiv de aspirație locală la o freză de lemn.

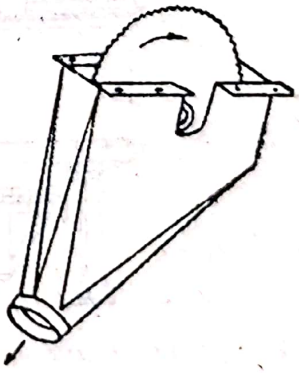


Fig. 7.36. Dispozitiv de aspirație locală la un ferăstrău circular pentru lemn.

Scanned with OKEN Scanner

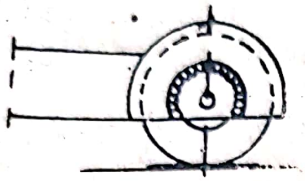


Fig. 7.37. Dispozitiv de aspirație locală la o mașină de rectificat.

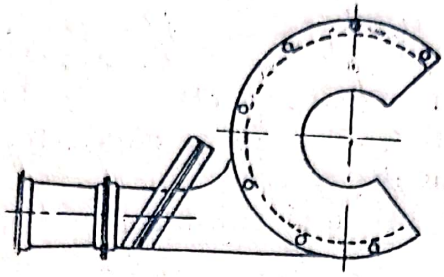


Fig. 7.38. Dispozitiv de aspirație la o piatră de polizor.

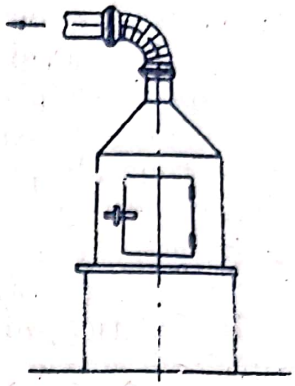


Fig. 7.39. Carcasă pentru un cuptor cu baie de cianură de potasiu.

c. **Dispozitive de aspirație locale închise.** Aceste dispozitive acoperă complet sursa de degajare (fig. 7.39—7.41). Ele sînt niște cutii sau carcase de diferite forme, în funcție de forma utilajului și modul de deservire al acestuia. Carcasele sînt puse în legătură cu o instalație de aspirație ; aerul din încăpere pătrunde cu viteză mare în interiorul lor, împiedicînd astfel ieșirea nocivităților în zona de lucru.

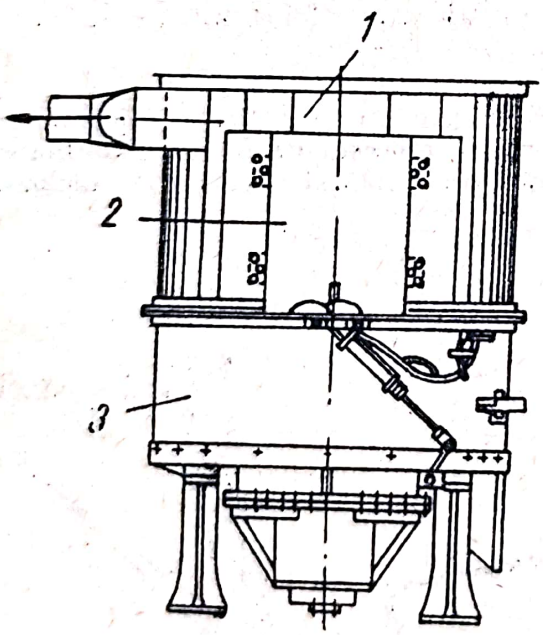


Fig. 7.40. Carcasă pentru un colergang :
1 — carcasă ; *2* — deschidere de acces ; *3* — colergang.

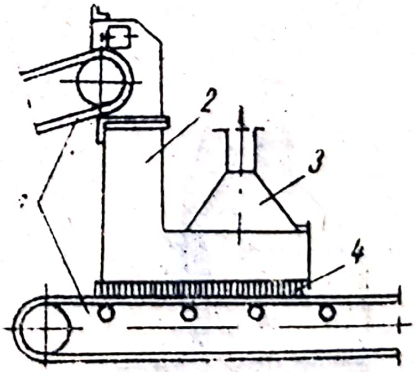


Fig. 7.41. Carcasă pentru locul de cădere a materialelor pe o bandă de transport :
1 — benzi de transport ; *2* — carcasă ; *3* — pîlnie de aspirație ; *4* — benzi de cauciuc pentru etanșare.

Scanned with OKEN Scanner

Carcasarea prezintă întotdeauna nu numai mari avantaje funcționale, dar și avantaje de ordin economic, deoarece în toate cazurile debitele de aer aspirate din carcase sînt mai mici decît la oricare alt dispozitiv de aspirație.

Exemplele de carcasări reprezentate în figurile 7.39—7.41 dau indicații atît asupra construcției acestor dispozitive cît și asupra modului în care se realizează aspirația aerului din interiorul lor.

Dintre dispozitivele de aspirație locală, cele închise au eficacitatea cea mai mare.

2. REGULI GENERALE PRIVIND DISPOZITIVELE DE ASPIRAȚIE LOCALĂ

La alegerea tipului constructiv al dispozitivului de aspirație, întîi se încearcă un dispozitiv închis de aspirație locală. Dacă procesul tehnologic, spațiul disponibil etc. nu permit aplicarea acestui tip de dispozitiv, se încearcă un dispozitiv semiînchis de aspirație locală. În cazul în care, din aceleași motive, nici acest tip de dispozitiv nu poate fi adoptat, se prevede un dispozitiv de aspirație locală de tipul deschis.

Dispozitivul de aspirație ales trebuie astfel amplasat încît :

— muncitorul, în poziția normală de lucru, să nu se găsească între sursa de generare a nocivităților și deschiderea de aspirație ; în acest caz, chiar dacă nocivitățile sînt evacuate, nu se rezolvă problema protecției muncitorului, deoarece în drumul lor spre deschiderea de aspirație substanțele nocive vor fi inspirate de muncitor ;

— procesul tehnologic să nu fie împiedicat în desfășurarea lui ;

— muncitorul să nu fie stînjenit în mișcările pe care trebuie să le facă și, dacă este posibil, prezența dispozitivului să nu-i ceară mișcări în plus față de cele impuse de procesul tehnologic ;

— zona de depresiune creată de dispozitiv să acopere și să învăluie sursa de generare a nocivităților ;

— sensul de mișcare al curenților de aer creați de dispozitiv să coincidă cu sensul de mișcare propriu al particulelor nocive ;

— distanța de la sursa de degajare la deschiderea de aspirație să fie cît mai mică posibil.

Dacă dispozitivele de aspirație au elemente mobile sau sînt chiar ele mobile, trebuie să se manevreze comod și fără eforturi deosebite.

Viteza aerului aspirat trebuie stabilită astfel încît curenții de aer să nu antreneze în dispozitiv cantități din materialele sau substanțele necesare procesului tehnologic, ci numai particulele care părăsesc masa acestor materiale și se răspîndesc în atmosferă.

Scanned with OKEN Scanner

Dispozitivele de aspirație locală trebuie executate din materiale rezistente, cu grosime suficientă și trebuie bine întărite cu profiluri metalice, pentru a putea suporta șocurile la care sînt expuse, fără deformare. Dispozitivele care lucrează în mediu corosiv trebuie executate sau protejate cu materiale rezistente la coroziune.

Verificarea cunoștințelor

7.1. *Într-o încăpere cu degajări nocive, prima măsură care se urmărește pentru îmbunătățirea condițiilor de muncă este :*
a) *aplicarea unei ventilări cu debit de aer cît mai mare ;*
b) *aplicarea unei ventilări cu debit de aer economic ;*
c) *reducerea sau anularea degajărilor nocive ?*

7.2. *Într-o încăpere cu surse de viciere, aerul proaspăt se introduce :*
a) *la capătul încăperii opus celui în care se găsesc sursele de viciere ;*
b) *la partea superioară a încăperii ;*
c) *în zona curată, indiferent de poziția acesteia ;*
d) *în zona curată, cu condiția ca aceasta să se găsească în centrul de greutate al încăperii ?*

7.3. *Majoritatea sistemelor de ventilare funcționează pe principiul menținerii în încăperea ventilată :*
a) *a unei suprapresiuni ;*
b) *a unei depresiuni ;*
c) *a unui echilibru de presiuni ?*

7.4. *Să se așeze în ordinea preferată următoarele sisteme de ventilare, pentru eliminarea căldurii dintr-o hală fără alte surse de viciere :*
a) *ventilare naturală organizată ;*
b) *ventilare mecanică cu o instalație de introducere și una de aspirație ;*
c) *ventilare mecanică cu o singură instalație de introducere ;*
d) *ventilare mecanică cu o singură instalație de aspirație.*

7.5. *Eliminarea prafului se realizează în condiții optime prin :*
a) *ventilare generală cu aspirație la partea inferioară a încăperii ;*
b) *ventilare locală ?*

7.6. *Organizarea ventilării naturale într-o hală cu degajări de căldură înseamnă prevederea unor deschideri :*
a) *suficiente numai la partea inferioară a halei ;*
b) *suficiente numai la partea superioară a halei ;*
c) *necesare atît la partea inferioară cît și la cea superioară ;*
d) *reglabile ;*
e) *nereglabile ?*

7.7. *Dintre dispozitivele de aspirație locale, cele mai eficiente sînt, în general, cele :*
a) *deschise ;*
b) *semiînchise ;*
c) *închise ?*

Scanned with OKEN Scanner

7.8. *La o baie cu apă fierbinte și cu vapori de apă degajați în volum mare, cel mai eficient dispozitiv de aspirație locală este :*
a) *o carcasă ;*
b) *o nișă ;*
c) *o hotă dublă ;*
d) *o hotă simplă montată deasupra băii ; care este explicația ?*

7.9. *La o baie cu apă fierbinte și cu volum redus de vapori de apă, la care este necesară o intervenție frecventă în cursul procesului de lucru, cel mai eficient dispozitiv de aspirație locală este :*
a) *o carcasă ;*
b) *o nișă ;*
c) *o hotă dublă ;*
d) *o hotă simplă montată deasupra băii ; care este explicația ?*

7.10. *La o frezăde lemn, cel mai eficient dispozitiv de aspirație locală este :*
a) *o carcasă ;*
b) *o gură de captare ;*
c) *un dispozitiv care îmbracă parțial scula de lucru ; care este explicația ?*

7.11. *La locul de cădere a unui material pulverulent de pe o bandă de transport pe alta, cel mai eficient dispozitiv de aspirație locală este :*
a) *o carcasă ;*
b) *o gură de captare ;*
c) *o gură de aspirație aparținînd unei instalații de ventilare generală ; care este explicația ?*

7.12. *Să se așeze în ordinea de preferință dispozitivele de aspirație locală la o baie de cromare cu lățimea de 1,2 m :*
a) *dispozitive de aspirație laterală pe ambele laturi lungi ;*
b) *dispozitiv de aspirație laterală pe o latură lungă și dispozitiv cu fantă de refulare pentru latura opusă ;*
c) *nișă ;*
d) *hotă dublă ;*
e) *hotă simplă ;*
f) *carcasă ; care este explicația ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 8

SISTEME DE CONDIȚIONARE A AERULUI

A. NOȚIUNI DE TERMODINAMICĂ A AERULUI UMED

1. RELAȚIILE DINTRE PARAMETRII DE STARE AI AERULUI UMED

Sistemele de condiționare a aerului sînt sisteme de ventilare care urmăresc crearea și menținerea în interiorul încăperilor a unor parametri de stare ai aerului convenabili pentru confortul oamenilor sau pentru anumite procese tehnologice. Parametrii de stare asupra cărora se acționează sînt, de obicei, temperatura și umiditatea aerului. Realizarea parametrilor la valorile necesare în interiorul încăperilor condiționate se obține prin tratarea aerului, care presupune un lanț de procese de amestecare, încălzire, răcire și umidificare. Toate aceste procese sînt de fapt transformări succesive ale stării aerului umed.

Cunoașterea relațiilor dintre parametrii care definesc starea aerului umed este necesară pentru a putea efectua și conduce, în modul dorit, procesele de tratare a aerului.

Starea aerului este complet definită de următorii cinci parametri:

— temperatura aerului la termometrul uscat, t [°C];
— umiditatea relativă a aerului, φ [%];
— conținutul de umiditate, x [kg vapori/kg aer uscat];
— entalpia, I [kJ/kg aer uscat];
— presiunea parțială a vaporilor de apă, p_v [N/m²].

Scanned with OKEN Scanner

Relațiile dintre umiditatea relativă și umiditatea absolută, precum și dintre umiditatea relativă și presiunile parțiale ale vaporilor de apă reies din definițiile date la capitolul 2, și anume :

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \quad \text{sau} \quad \varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \cdot 100 \ [\%] ; \tag{8.1}$$

$$\varphi = \frac{p_v}{p_s} \quad \text{sau} \quad \varphi = \frac{p_v}{p_s} \cdot 100 \ [\%], \tag{8.2}$$

în care indicele s se referă la starea de saturație, iar simbolul fără indice sau cel cu indicele v se referă la o stare oarecare a aerului umed.

Din relația (8.2) se deduce că :

$$p_v = \varphi p_s \ [\mathrm{N/m^2}], \tag{8.3}$$

care precizează că presiunea parțială a vaporilor de apă corespunzătoare unei stări oarecare a aerului umed se poate obține din produsul dintre umiditatea relativă a aerului și presiunea parțială a vaporilor la saturație.

Relația dintre conținutul de umiditate și presiunea parțială a vaporilor de apă se deduce din legea gazelor perfecte aplicată la aerul uscat și la vaporii de apă. Astfel, pentru aerul uscat :

$$p_a V = \frac{m_a}{M_a} RT,$$

iar pentru vaporii de apă :

$$p_v V = \frac{m_v}{M_v} RT,$$

în care :

p_a este presiunea aerului uscat ;
p_v — presiunea parțială a vaporilor de apă ;
V — volumul ocupat de amestec (egal cu volumul ocupat de fiecare component) ;
m_a — masa aerului uscat ;
m_v — masa vaporilor de apă ;
M_a — masa moleculară a aerului uscat ;
M_v — masa moleculară a vaporilor de apă ;
R — constanta universală a gazelor ;
T — temperatura amestecului (egală cu temperatura fiecărui component).

Împărțind ecuațiile anterioare, se obține :

$$\frac{p_v}{p_a} = \frac{m_v}{m_a} \cdot \frac{M_a}{M_v} .$$

Scanned with OKEN Scanner

Într-un amestec în care aerul uscat are o masă $m_a = 1$ kg, masa vaporilor de apă reprezintă conținutul de umiditate, deci $m_v = x$. Masa moleculară a aerului uscat este $M_a = 28{,}98$ kg/k mol, iar a vaporilor de apă $M_v = 18$ kg/k mol. Ca urmare :

$$\frac{p_v}{p_a} = x\frac{28{,}98}{18},$$

sau :

$$x = 0{,}622\frac{p_v}{p_a}.$$

Înlocuind p_a conform relației (2.1), se obține în formă finală :

$$x = 0{,}622\frac{p_v}{B - p_v}, \tag{8.4}$$

în care B este presiunea atmosferică.

Dacă în relația (8.4) se înlocuiește p_v conform expresiei (8.3), se obține :

$$x = 0{,}622\frac{\varphi p_s}{B - \varphi p_s}.$$

Conținutul maxim de umiditate, corespunzător stării de saturație, cînd $\varphi = 1$, este deci :

$$x_s = 0{,}622\frac{p_s}{B - p_s}. \tag{8.5}$$

Relația dintre temperatură, entalpie și conținutul de umiditate este exprimată de ecuația (2.4) a entalpiei aerului umed.

2. DIAGRAMA $I - x$ A AERULUI UMED

Relațiile de la paragraful precedent dau posibilitatea ca, fiind cunoscuți cel puțin doi parametri, ceilalți trei să poată fi determinați.

Calculele sînt însă destul de laborioase și, pentru a se simplifica aceste operații în practică, s-a construit o diagramă a aerului umed, avînd ca axe de coordonate entalpia I și conținutul de umiditate x. Diagrama este denumită $I-x$ și oferă mijlocul de a determina complet starea aerului cunoscînd doi parametri.

Schema constructivă a diagramei este indicată în figura 8.1, iar diagrama este redată în figura 8.2.

Scanned with OKEN Scanner

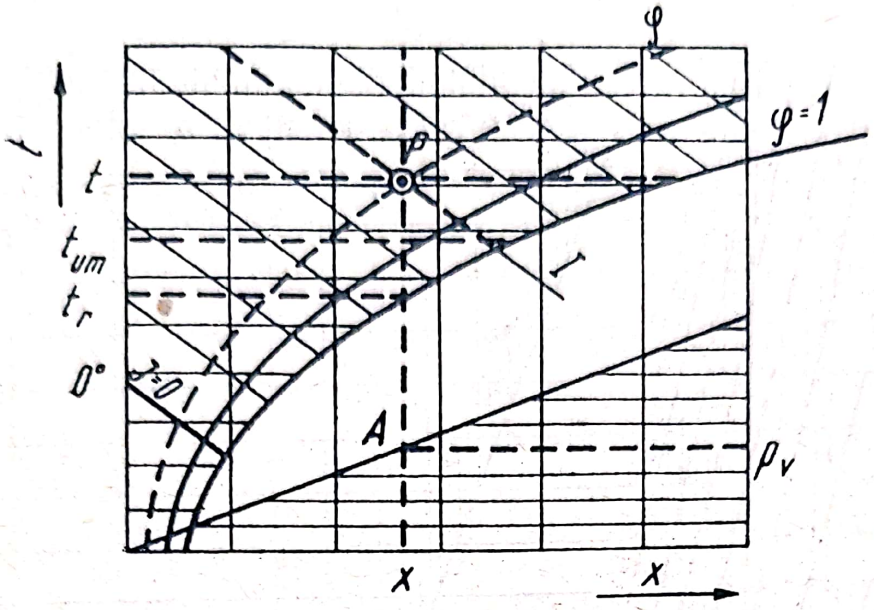


Fig. 8.1. Schema constructivă a diagramei $I-x$ pentru aerul umed.

Diagrama conține patru familii de linii : o familie de linii aproape paralele orizontale, care indică temperaturile t ; o familie de linii paralele verticale care indică conținutul de umiditate x ; o familie de linii paralele înclinate din stînga sus către dreapta jos, indicînd entalpiile I și un fascicul de curbe divergente pornind din stînga jos către dreapta sus, reprezentînd umiditățile relative φ.

Printr-un punct P oarecare din diagramă trec patru linii : t, x, I și φ. Acestea sînt reprezentate prin linie întreruptă în figura 8.1. Două din aceste linii sînt suficiente pentru a determina poziția punctului. După ce această poziție este stabilită, ceilalți trei parametri se stabilesc cu ușurință pe cale grafică.

Diagramele existente, de forma celei din figura 8.2, folosesc sistemul de unități de măsură MKfS. Pentru a face transformarea în sistemul de unități de măsură internațional (SI), se reamintește că :

1 kcal/kg = 4,1868 kJ/kg ; 1 kJ/kg = 0,239 kcal/kg ;
1 mm Hg = 133,322 N/m² ; 1 N/m² = 0,0075 mm Hg.

Fiecare linie din diagramă reprezintă mulțimea punctelor cu aceeași valoare. Astfel, pe linia $t = 20°C$, sînt dispuse toate punctele care indică temperatura de 20°C. Tot așa, pe linia $I = 15$ kcal/kg, sînt dispuse punctele avînd entalpia de 15 kcal/kg etc. Intersecția dintre linia $t = 20°C$ și $I = 15$ kcal/kg definește un punct care reprezintă starea aerului avînd temperatura de 20°C și entalpia de 15 kcal/kg.

Scanned with OKEN Scanner

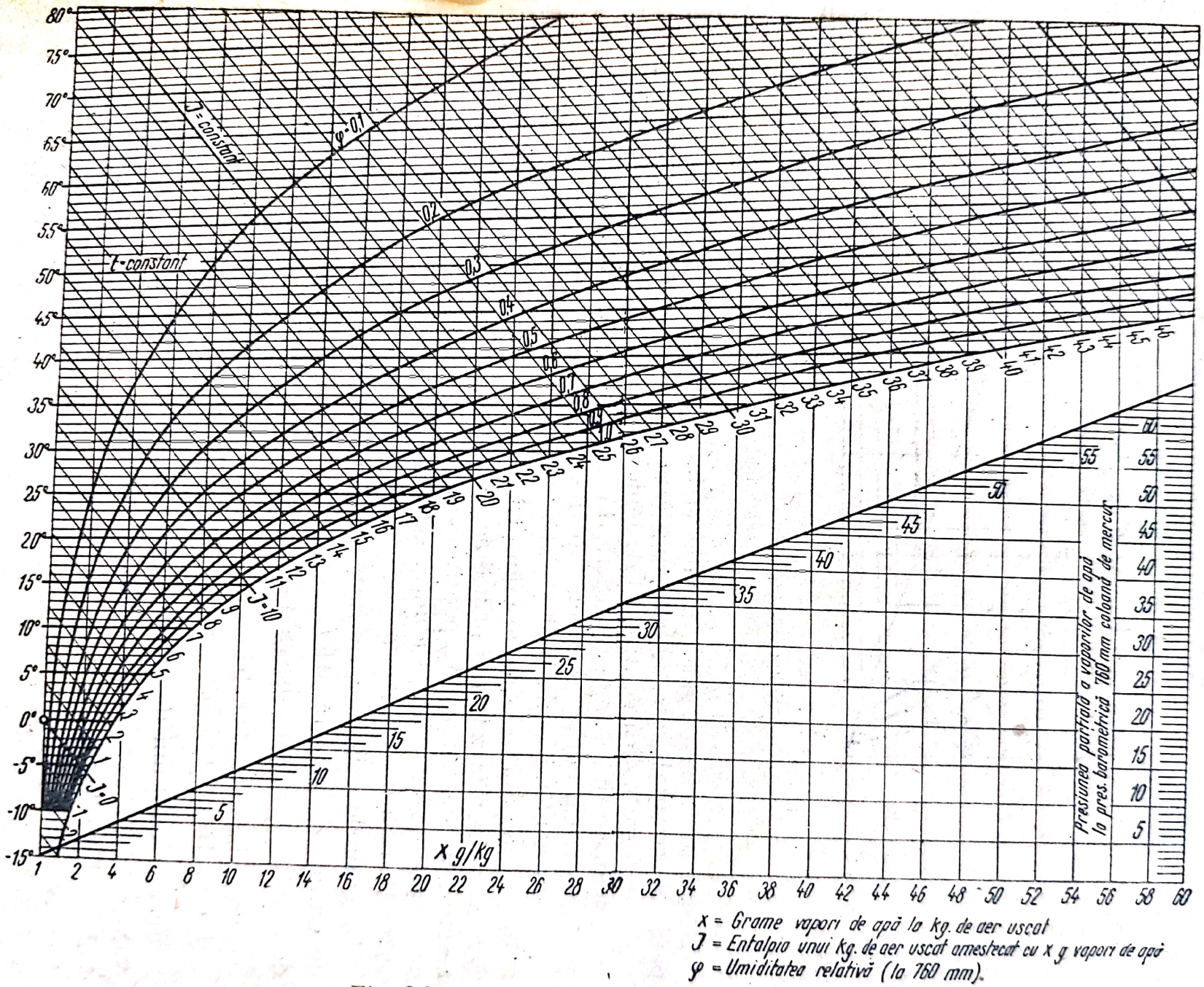


Fig. 8.2. Diagrama $I-x$ pentru aerul umed.

În diagrama din figura 8.2 se citește pentru punctul situat la intersecția dintre $t = 40°C$ și $x = 20$ g/kg : $I = 22$ kcal/kg, $\varphi \approx 0{,}43$ și $p_v = 23$ mm Hg.

Se observă, din figura 8.1, că pentru stabilirea presiunii parțiale a vaporilor de apă din aerul umed în starea reprezentată de un punct P, se urmărește linia x care trece prin acest punct pînă la întretăierea cu linia oblică ajutătoare din colțul din dreapta jos a diagramei ; din punctul A aflat la această întretăiere, se duce o linie orizontală către dreapta pînă la scara p_v din colțul din dreapta jos a diagramei și se citește valoarea presiunii parțiale a vaporilor de apă.

În diagrama $I - x$ se poate citi și temperatura la termometrul umed și temperatura la punctul de rouă corespunzătoare unei stări date a aerului. Pentru starea reprezentată de punctul P (fig. 8.1) temperatura la termometrul umed se află urmînd dreapta I care trece prin punctul P pînă la curba $\varphi = 1$; din punctul de intersecție cu această curbă se duce o linie orizontală către stînga la scara temperaturilor și se citește t_{um}.

Pentru a afla temperatura la punctul de rouă a aerului, a cărui stare este reprezentată de punctul P, se urmărește linia x care trece prin acest punct pînă la curba $\varphi = 1$, și de aici, către stînga, conform figurii 8.1 se citește t_r pe scara temperaturilor.

În diagrama din figura 8.2, pentru punctul definit de $t = 40°C$ și $x = 20$ g/kg din exemplul anterior, se citește $t_{um} \approx 28{,}7°C$ și $t_r \approx 25{,}1°C$.

Curba $\varphi = 1$ se numește curbă de saturație, deoarece toate punctele aflate pe această curbă reprezintă starea aerului saturat ($\varphi = 1$, cînd $x = x_s$, conform relației de definiție 8.1, iar x_s corespunde stării de saturație).

Liniile orizontale care indică temperaturile aerului se numesc izoterme (linii de aceeași temperatură).

3. REPREZENTAREA TRANSFORMĂRILOR AERULUI UMED ÎN DIAGRAMA $I - x$

În procesele de condiționare a aerului, transformările suferite de aerul umed pot fi următoarele : amestecarea a două cantități de aer umed cu stări diferite, încălzirea, umidificarea, răcirea și uscarea.

a. **Amestecarea aerului.** Se admite că se amestecă într-o cameră o cantitate G_1 de aer umed în starea t_1 și φ_1, la care corespund I_1 și x_1, cu o cantitate G_2 de aer umed în starea t_2, φ_2, I_2 și x_2 (fig. 8.3).

Scanned with OKEN Scanner

Punctul A, care reprezintă starea amestecului, se va găsi pe dreapta care unește punctele *1* și *2*, reprezentînd stările celor două cantități de aer care se amestecă. Punctul A va împărți dreapta $1-2$ în două segmente ale căror lungimi sînt proporționale cu masele aerului avînd stările *1* și *2*. Pentru stabilirea poziției punctului A, se împarte dreapta $1-2$ în $(G_1 + G_2)$ părți egale. Apoi din punctul *1* și *2* se numără G_2 părți (sau din punctul *2* spre *1* se numără G_1 părți) și se determină punctul A.

b. **Încălzirea aerului.** Dacă se trece un curent de aer în starea t_1, φ_1, I_1, x_1 printr-o serie de țevi fierbinți (baterie de încălzire), aerul se încălzește mărindu-și prin urmare temperatura și conținutul de căldură. Cum în cursul acestui proces (fig. 8.4) nu se adaugă și nu se scoate umezeală de la începutul și pînă la sfîrșitul procesului, conținutul de umiditate rămîne constant. În starea finală aerul va avea deci starea :

$$t_2 > t_1 \; ; \; I_2 > I_1 \; ; \; x_1 = x_2.$$

Se observă că umiditatea relativă a aerului la sfîrșitul procesului este mai mică decît în starea inițială ($\varphi_2 < \varphi_1$), deoarece cu cît temperatura aerului este mai mare, cu atît mai mare este și cantitatea de apă care poate satura aerul, deci :

$$x_{s2} > x_{s1}.$$

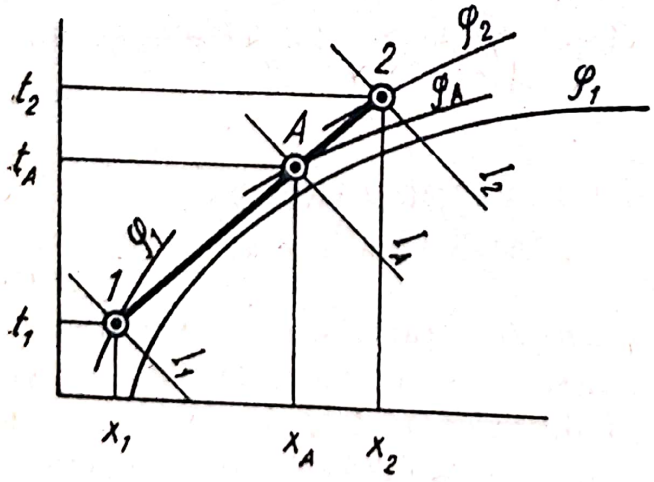


Fig. 8.3. Reprezentarea procesului de amestecare a aerului în diagrama $I-x$.

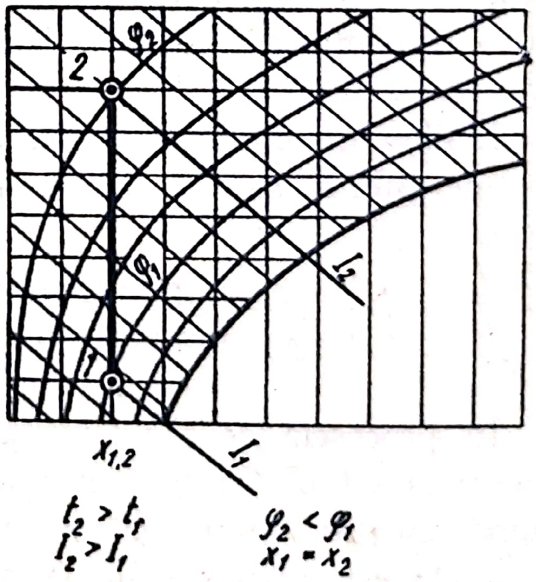


Fig. 8.4. Reprezentarea procesului de încălzire a aerului în diagrama $I-x$.

Scanned with OKEN Scanner

În tot timpul procesului $x_1 = x_2$; cu ajutorul relațiilor:

$$\varphi_1 = \frac{x_1}{x_{s_1}} \text{ și } \varphi_2 = \frac{x_2}{x_{s_2}}$$

se deduce:

$$\varphi_2 < \varphi_1$$

c. **Tratarea aerului cu apă. Schimbul de căldură și vapori între aer și apă.** Metoda cea mai simplă și cea mai des întrebuințată în tehnica ventilării pentru umidificarea aerului este pulverizarea apei în aer. Particulele foarte fine de apă se evaporă și măresc astfel conținutul de umiditate al aerului. În diagrama I—x, procesul de umidificare a aerului se reprezintă printr-o linie dreaptă (fig. 8.5), care unește punctul *1* de stare, cu punctul teoretic *2* aflat la intersecția curbei de saturație cu izoterma a cărei valoare este egală cu temperatura apei. Practic însă, datorită faptului că umidificarea aerului este afectată de un randament $\eta < 1$, procesul nu ajunge pînă la punctul *2* de pe curba de saturație, ci se oprește într-un punct situat pe o curbă $\varphi = 0{,}7 - 0{,}95$.

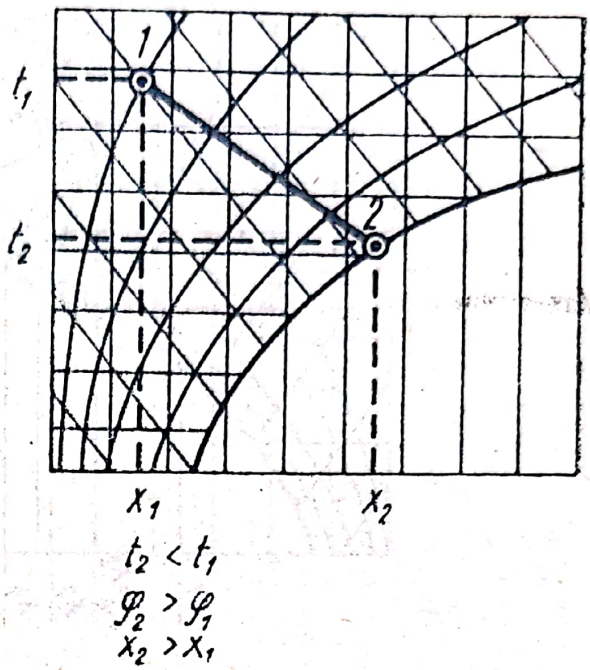


Fig. 8.5. Reprezentarea procesului de umidificare a aerului în diagrama I—x.

Procesul de umidificare este totdeauna însoțit de un schimb de căldură între aer și apă.

Se pot deosebi următoarele cazuri de schimb de căldură între aer și apă (fig. 8.6):

Procesul A — 1: $t_{apă} < t_r$ (temperatura la punctul de rouă). Aerul cald cedează intens apei reci o parte din căldura sa. Scăderea temperaturii aerului de la t la $t_{apă}$ este însoțită de o condensare parțială a vaporilor de apă din aer. Astfel, conținutul de umiditate al aerului scade de la x_A la x_1; cu toate că se pulverizează apă în aer, acesta se usucă.

Procesul A — 2: $t_{apă} = t_r$. Răcirea aerului mai puțin intensă nu este însoțită de condensarea vaporilor de apă. Conținutul de apă al aerului rămîne constant de la începutul pînă la sfîrșitul procesului ($x_A = x_2$).

Procesul A — 3: $t_r < t_{apă} < t_{um}$ (temperatura aerului la termometrul umed). O parte din cantitatea de căldură cedată apei de către aer pro-

Scanned with OKEN Scanner

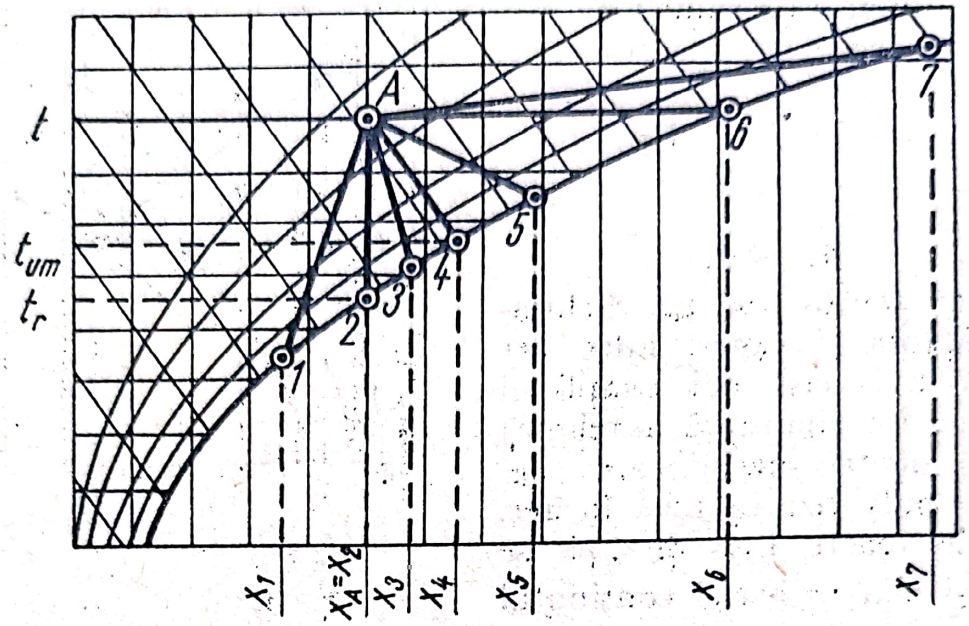


Fig. 8.6. Reprezentarea proceselor de schimb de căldură între aer și apă în diagrama $I - x$.

duce o evaporare parțială a apei. Vaporii de apă formați încarcă aerul cu umezeală ; deci $x_3 > x_A$. Temperatura la termometrul uscat a aerului scade și, ca în cazurile de mai înainte, conținutul de căldură al aerului I scade, deoarece o parte din căldura aerului a fost cedată apei.

Procesul $A - 4 : t_{apă} = t_{um}$. Toată cantitatea de căldură cedată apei de către aer produce evaporarea apei. Vaporii formați încarcă aerul cu umezeală și, în felul acesta, în afară de faptul că conținutul de umiditate al aerului crește, vaporii de apă intrați în aer reîntorc cantitatea de căldură cedată apei pentru vaporizare. În consecință, conținutul de căldură al amestecului nu se schimbă, ci rămîne constant de la începutul și pînă la sfîrșitul procesului. Cînd aerul umed, în tot timpul procesului, nu schimbă căldura cu mediul ambiant, transformarea se numește adiabatică și decurge pe o dreaptă $I = \text{ct}$.

Procesul $A - 5 : t_{um} < t_{apă} < t$. Aerul, în contact cu apa, cedează acesteia o cantitate de căldură care este consumată integral pentru evaporarea apei. Vaporii produși încarcă aerul cu umezeală și, în același timp, reîntorc aerului căldura cedată de acesta pentru vaporizarea apei. Din cauză însă că temperatura apei este mai mare decît temperatura aerului la termometrul umed, cantitatea de căldură care intră în aer este puțin mai mare decît cantitatea de căldură cedată pentru vaporizare.

Scanned with OKEN Scanner

Procesul $A=6$: $t_{apă} = t$. Apa și aerul avînd aceeași temperatură, contactul dintre ele nu poate determina un schimb de căldură reciproc. Căldura necesară pentru producerea vaporilor care încarcă aerul cu umezeală și, implicit, cu căldură, este luată de la o sursă exterioară. Procesul se numește izotermic (t = ct).

Procesul $A-7$: $t_{apă} > t$. Apa încarcă aerul cu căldură atît prin contact direct cît și prin vaporii intrați în aer. Temperatura și conținutul de umiditate ale aerului cresc. Sursa pentru încălzirea apei este exterioară.

Din cercetarea acestor cazuri se constată că procesele care au loc la $t_{apă} < t_r$ produc uscarea aerului prin condensarea vaporilor de apă, iar procesele care au loc la $t_{apă} > t_r$ produc umidificarea aerului.

În ventilare, umidificarea aerului se realizează, în general, în camere construite special, prin care circulă aerul. Apa este pulverizată în picături foarte mici, din care o parte se evaporă în aer, iar o mare parte cad pe fundul camerei unde se găsește un bazin de colectare.

Procesele de schimb de căldură între aer și apă expuse anterior au loc la o circulație a apei în circuit deschis, adică apa pulverizată în camera de umidificare și care cade apoi în bazinul de colectare este evacuată, iar duzele de pulverizare sînt alimentate permanent cu apă proaspătă. Sînt însă cazuri frecvente în care circulația are loc în circuit închis, adică apa căzută în bazinul de colectare este aspirată de o pompă și retrimisă la duzele de pulverizare. S-a constatat că, oricare ar fi temperatura inițială a apei, după ce aceasta a fost recirculată de un număr oarecare de ori, temperatura ei ajunge la o valoare staționară anumită, numită limită de răcire. Temperatura limită depinde de starea aerului care se umidifică și este egală cu temperatura la termometrul umed a acestui aer. În funcție de temperatura apei față de t_{um}, t_r și t ale aerului, procesul începe după unul din cazurile $A-1$, $A-2$, $A-3$, $A-5$, $A-6$ sau $A-7$. După ce însă apa a căpătat temperatura staționară $t_{apă} = t_{um}$ procesul în funcționarea de regim decurge după cazul $A-4$ din figura 8.6, adică la I = constant.

d. **Răcirea aerului.** S-a văzut că pulverizarea apei în aer este însoțită de răcirea aerului (scăderea temperaturii sale la termometrul uscat) pentru toate cazurile în care $t_{apă} < t$ (cazurile $A-1$, $A-2$, $A-3$, $A-4$ și $A-5$, din figura 8.6).

Răcirea aerului poate fi însă obținută și la trecerea lui printr-un sistem de țevi (baterie de răcire), în interiorul cărora circulă un fluid cu temperatură scăzută.

Scanned with OKEN Scanner

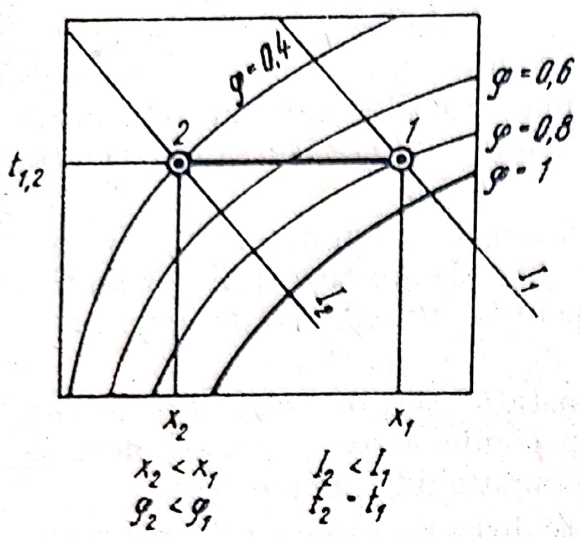


Fig. 8.7. Reprezentarea procesului de uscare a aerului în diagrama $I-x$.

Procesul se reprezintă în diagrama $I-x$ unind printr-o dreaptă punctul de stare al aerului cu punctul teoretic care rezultă din intersecția curbei de saturație cu izoterma la temperatura suprafeței de răcire. Procesul decurge deci după o dreaptă de forma $A-1$ (fig. 8.6).

În mod practic însă, din aceleași cauze expuse la umidificarea aerului, procesul nu se oprește pe curba de saturație, ci înaintea acesteia, într-un punct a cărui poziție depinde de puterea bateriei de răcire (la intersecția cu $\varphi = 0{,}85 - 0{,}95$).

e. **Uscarea aerului.** Toate procesele de schimb de căldură între aer și apă în care $t_{apă} < t_r$ produc uscarea aerului prin condensarea vaporilor de apă și depunerea picăturilor rezultate. Același fenomen poate fi produs nu numai prin pulverizarea apei reci în aer, ci și prin trecerea aerului printr-o baterie de răcire.

Uscarea aerului mai poate fi realizată prin trecerea lui prin celule umplute cu substanțe chimice care absorb apa, cum ar fi, de exemplu clorura de calciu. Procesul se reprezintă în diagrama $I-x$ ca în figura 8.7. Temperatura aerului la trecerea lui prin celula absorbantă nu se modifică, de aceea procesul decurge după o izotermă. Conținutul de umiditate scade de la x_1 la x_2, la fel și umiditatea relativă. Entalpia se reduce de la I_1 la I_2, deoarece aerul uscat a pierdut căldura conținută în vaporii de apă reținuți de celula absorbantă.

B. CONDIȚIONAREA AERULUI

1. DEFINIȚIE. DOMENIU DE APLICARE. MOD DE REALIZARE

Condiționarea aerului înseamnă curățarea de impurități, încălzirea și umidificarea în timpul iernii și răcirea, umidificarea sau uscarea lui în timpul verii; uneori, condiționarea este însoțită și de dezodorarea aerului.

Scanned with OKEN Scanner

Instalațiile de condiționare se aplică deci în toate cazurile în care, în afară de efecte de ventilare, este necesar ca într-o încăpere anumită să se mențină umidități și temperaturi ale aerului constante.

Situațiile care cer instalații de condiționare sînt : încăperi cu aglomerări de persoane ; procese tehnologice care nu se pot desfășura în condiții bune decît la anumite temperaturi și umidități ale aerului ; depozitări de materiale care nu se pot face decît în anumite condiții de temperatură și umiditate ; laboratoare de încercări ; ateliere de mecanică fină și precizie, unde variațiile în temperatura aerului pot produce dilatări sau contracții pentru piesele fine ; în general, toate cazurile în care se dorește a se realiza un confort mărit. Randamentul muncii crește în raport direct cu condițiile de confort în care se desfășoară munca.

În țara noastră instalațiile de condiționare a aerului se folosesc într-un număr din ce în ce mai mare de cazuri. În industria textilă, toate filaturile și țesătoriile sînt dotate cu instalații gigantice de condiționare a aerului, care asigură condițiile de mediu necesare procesului tehnologic. Dezvoltarea industriei de aparate și elemente de automatizare, ca și a altor ramuri ale industriei electrotehnice, este însoțită de o dezvoltare corespunzătoare a instalațiilor de condiționare a aerului. Un alt beneficiar important al acestor instalații este industria chimică și în special fabricile de fibre sintetice. În clădirile civile, toate construcțiile importante și de interes republican realizate în ultimele două decenii, cum sînt Sala Palatului Republicii Socialiste România, Teatrul de operă și balet, Teatrul Național, Hotelul Intercontinental — București ș.a., sînt dotate cu instalații de condiționare de tipul cel mai modern.

Sistemele de condiționare actuale sînt de două tipuri : *sisteme centrale și sisteme cu agregate individuale.*

■ Sistemele centrale servesc clădiri sau porțiuni importante din clădiri și își datoresc denumirea faptului că tratarea aerului se face central, într-un aparat sau, la debite foarte mari, într-o uzină de condiționare. Tratarea aerului urmărește, în general, ca prin procese de încălzire, răcire, umidificare, uscare etc. să asigure condițiile de mediu necesare în tot cuprinsul anului.

Aerul tratat central este distribuit în încăperile din clădire printr-un sistem de conducte cu guri de refulare, de cele mai multe ori similar cu o instalație de ventilare obișnuită. O rețea separată de conducte, cu guri de aspirație, servește la readucerea în centrală a unei părți din aerul inițial introdus în încăperi.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele centrale de condiționare a aerului sînt deseori însoțite de instalații frigorifice, care alimentează cu apă răcită bateria de răcire a aparatului sau uzinii de condiționare.

■ Sistemele cu agregate individuale servesc cîte o singură încăpere, printr-un aparat care conține, într-o dispunere compactă, mașinile și aparatele necesare pentru răcirea încăperilor în anotimpurile calde (ventilator, baterie de răcire, agregat frigorific).

Spre deosebire de sistemele centrale, agregatele individuale nu asigură, de obicei, încălzirea încăperilor în sezonul rece și nici umiditatea aerului.

Numeroase modele de agregate individuale au și o baterie de încălzire cu rezistențe electrice sau cu țevi cu apă sau abur, dar această baterie, de dimensiuni mici, servește în general numai în scopuri de reglaj, pentru corectarea temperaturii aerului, nu și pentru încălzirea întregii încăperi în care este montat agregatul.

Toate sistemele de condiționare a aerului centrale, precum și toate agregatele individuale sînt prevăzute cu aparate automate care conduc și controlează procesele de tratare a aerului în limite stabilite.

2. APARATE ȘI CENTRALE DE CONDIȚIONARE A AERULUI

Aparatele sau centralele de condiționare a aerului sînt compuse dintr-o succesiune de camere și aparataje care tratează aerul prin filtrare, încălzire, umidificare, răcire etc.

■ Pentru debite mici de aer, servesc de obicei aparatele de condiționare executate din camere cu pereți metalici. Aparatele pentru tratarea aerului sînt dispuse astfel încît ansamblul lor să aibă un gabarit cît mai mic.

■ Centralele de condiționare (fig. 8.8) sînt construite pe același principiu ca aparatele, deosebirea constînd numai în debitele mai mari de aer ce se tratează. Camerele și pereții centralelor se construiesc, în general, din tablă de oțel, beton sau cărămidă.

Aerul proaspăt din exterior intră, prin priza *1* (fig. 8.8), într-o cameră de amestec *A*, unde are loc amestecul acestui aer cu aerul de recirculație aspirat din încăperea condiționată și adus de conductele de aspirație *2*. Deschiderile *1* și *3* sînt prevăzute cu jaluzelele cu reglaj simultan *6*. Aceste jaluzele sînt articulate la o tijă comună *6'*, astfel încît, pe măsură ce se deschide orificiul *1*, orificiul *3* se închide și invers. Rolul jaluzelelor cu reglaj simultan este de a regla în așa fel

Scanned with OKEN Scanner

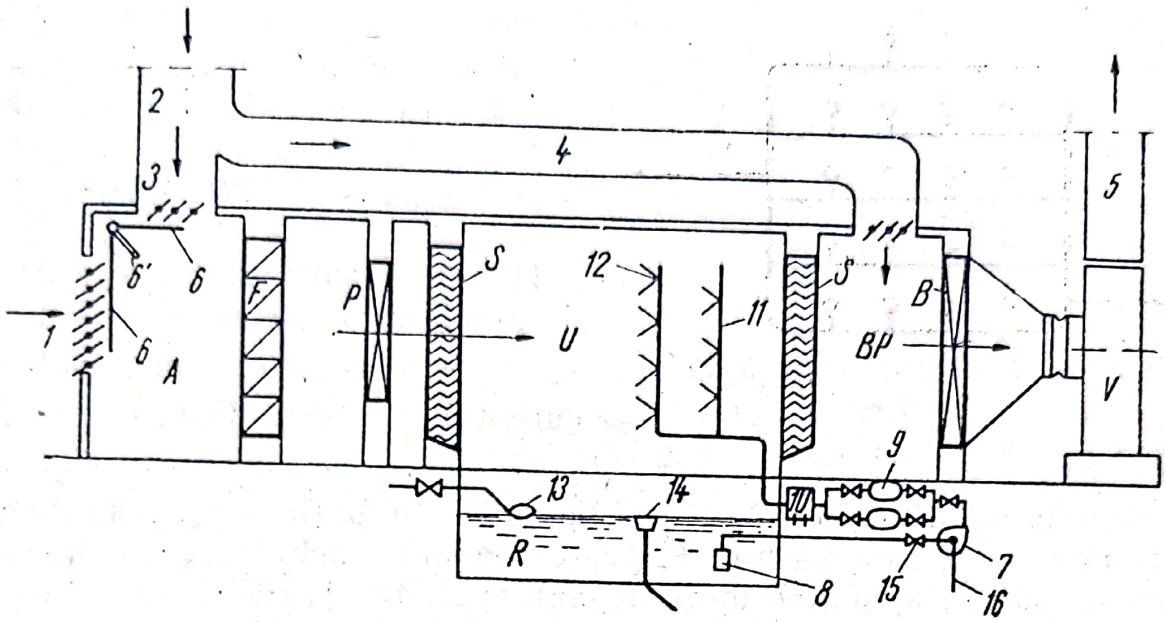


Fig. 8.8. Centrală de condiționare a aerului.

deschiderile pentru intrarea aerului proaspăt și de recirculație, încît amestecul din camera *A* să aibă temperatura dorită. Din camera de amestec, aerul trece prin filtrul de praf *F*. După filtrare, aerul este încălzit, în timpul iernii, într-o primă treaptă de încălzire, constituită de bateria de preîncălzire *P*. Construcția bateriei este, în general, din țevi cu aripioare. După preîncălzire, aerul intrat în camera de umidificare *U* este stropit cu apa pulverizată de duzele *12*, montate pe cadrele de țevi *11*. De obicei, duzele se dispun pe cadre în eșichier, astfel încît să creeze o perdea de apă cît mai deasă.

Duzele sînt executate din masă plastică sau dintr-un metal neferos, pentru a nu rugini în contact cu apa. Rolul duzelor este de a pulveriza apa în picături fine și de a o introduce în cameră în formă de con cu unghiul la vîrf cît mai mare. Cu cît picăturile de apă sînt mai fine și conul de pulverizare mai deschis, cu atît umidificarea aerului se va face în condiții mai bune. Presiunea de lucru a duzelor este de 1,5—3 at.

Cadrele pentru duze sînt construite din țevi zincate. Egalizarea optimă a presiunii apei în cadru se realizează legînd țevile în inel (fig. 8.9). Într-o cameră de umidificare sînt, de obicei, două sau trei cadre.

Pentru ca stropii de apă pulverizați să nu vină în contact cu bateriile de încălzire, la intrarea și la ieșirea aerului din camera de umidificare se montează cîte un separator de stropi *S*. Funcționarea aces-

Scanned with OKEN Scanner

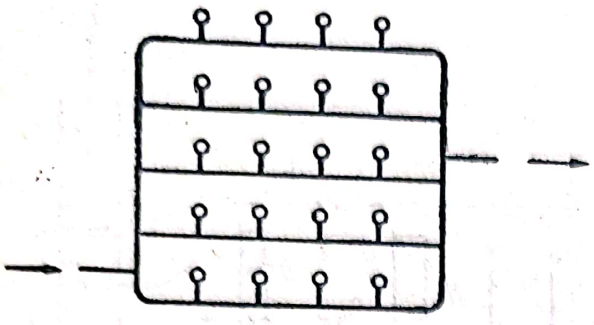


Fig. 8.9. Cadru cu duze de pulverizare a apei.

tor piese se bazează pe inerția picăturilor de apă, care, antrenate de curentul de aer în canalele șicanate, se lovesc și aderă de pereți în dreptul schimbărilor bruște de sens.

Din apa pulverizată în camera de umidificare, numai o mică parte se vaporizează și este antrenată de curentul de aer. Cea mai mare parte însă cade la fundul camerei, într-un bazin de colectare *R* (v. fig. 8.8). În bazin sînt montate următoarele piese : un plutitor *13*, care comandă închiderea sau admisia apei de la rețea, astfel încît nivelul apei din bazin să rămînă permanent constant (cu ajutorul plutitorului se înlocuiește în bazin apa vaporizată în curentul de aer) ; un preaplin *14*, prin care apa care ar depăși nivelul constant s-ar scurge la canalizare ; un sorb *8*, prin care apa este aspirată în pompa *7*.

Pe conducta de refulare a pompei se montează în paralel două filtre de apă *9*, care reține impuritățile din apa de recirculație cu scopul de a se evita înfundarea duzelor. Din cele două filtre de apă numai unul lucrează, celălalt fiind de rezervă.

În timpul iernii, apa de recirculație poate fi încălzită înainte de pulverizare, într-un schimbător de căldură *10*.

În timpul verii apa poate circula în circuit închis, așa cum este arătat în figura 8.8 sau în circuit deschis. În acest caz, se închide vana *15*, iar prin racordul *16* pompa aspiră apa rece de la un puț sau de la un rezervor cu apă răcită de o instalație frigorifică.

Aerul umidificat, ieșit din camera cu duze, este trecut prin a doua treaptă de încălzire, unde bateria de încălzire *B* îi dă temperatura finală.

Multe uzine de condiționare sînt prevăzute cu o conductă de ocolire (bypass) *4*, care conduce o parte din aerul de recirculație direct într-o cameră de ocolire *BP*, unde se amestecă cu aerul tratat. Această dispoziție are două avantaje : ușurează mult automatizarea instalației și îi reduce costul de exploatare.

Aerul condiționat din camera de ocolire este aspirat de un ventilator *V*, care îl refulează apoi în rețeaua de conducte *5*. Prin gurile de refulare montate pe conducte, aerul este introdus în încăperi.

Scanned with OKEN Scanner

■ Uzinele de condiționare se dimensionează astfel :

— viteza aerului prin deschiderile *1*, *3* și de ocolire se admite de 4—6 m/s ;

— secțiunea camerei de umidificare se determină pe baza unei viteze a aerului de 2—3 m/s. Lungimea camerei de umidificare se stabilește astfel încît aerul să stea în contact cu apa pulverizată 0,5—2 secunde ;

— numărul de duze pe un cadru se stabilește astfel încît intensitatea umezirii (debitul de apă pulverizat, în m^3/h, raportat la 1 m^2 secțiune transversală a camerei de umidificare) să fie de 5—6 $m^3/h \cdot m^2$ pentru fiecare cadru ;

— debitul de apă pulverizată într-o cameră cu două cadre este de 1 kg apă la 1 kg aer. În cazul cînd camera de umidificare are alt număr de cadre, se calculează 0,45—0,55 kg apă la 1 kg aer pentru fiecare cadru.

3. DIAGRAME DE FUNCȚIONARE

Funcționarea instalațiilor de condiționare a aerului se urmărește pe diagrama $I—x$.

a. **Diagrama de funcționare în regim de iarnă a unei instalații cu amestec, încălzire în două trepte și umidificare** (fig. 8.10). Punctul *A* reprezintă starea amestecului dintre aerul exterior în starea *E* și aerul de recirculație adus din interiorul camerei condiționate în starea *I*. Punctul *A* reprezintă deci starea aerului în camera de amestec. Încălzirea aerului în bateria de preîncălzire este reprezentată prin *A—1*, umidificarea în camera de umidificare, prin *1—2* și încălzirea în bateria de încălzire, prin *2—3*. În regim de iarnă, încăperea care trebuie condiționată pierde căldura prin elementele sale de construcție. Pentru a menține constantă temperatura t_i a aerului reprezentat de punctul de stare interioară *I*,

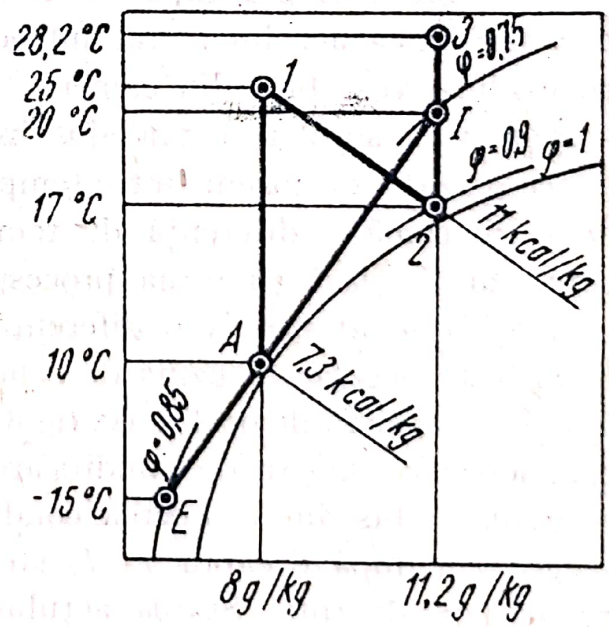


Fig. 8.10. Diagrama de funcționare în regim de iarnă a unei instalații de condiționare a aerului.

trebuie ca aerul introdus în instalația de condiționare să aibă o temperatură mai ridicată t_3, astfel încît, dacă masa aerului circulat de instalație este G, cantitatea de căldură $Q=G\cdot 1\,005\ (t_3-t_i)$ să fie egală cu pierderile de căldură ale încăperii. Dreapta $3-I$ reprezintă deci răcirea aerului cald introdus în cameră prin gurile de refulare, prin cedarea căldurii sale aerului din încăpere, care astfel se încălzește.

Umidificarea în timpul iernii se realizează întotdeauna cu recircularea apei. Ca urmare, temperatura apei ajunge la o limită staționară egală cu temperatura la termometrul umed a aerului care trece prin camera de pulverizare, iar procesul de umidificare decurge după o dreaptă de entalpie constantă.

b. **Diagrama de funcționare în regim de vară a unei instalații cu amestec și umidificare** (fig. 8.11). Aerul din camera de amestec, adus din exterior în starea E și din încăperea condiționată în starea I, este reprezentat prin punctul de stare A. Dreapta $A-I$ reprezintă umidificarea aerului cu apă de recirculație. Aerul în starea 1 este introdus direct în încăpere. În timpul verii, degajările de căldură din încăpere și căldura intrată prin radiație solară tind să ridice temperatura interioară peste valoarea dorită. Pentru a se menține temperatura punctului I constantă este necesar să se introducă un aer rece care să absoarbă toate degajările de căldură. Dacă masa aerului circulat de instalație este G, condiția necesară este ca $Q=G\cdot 1\,005\ (t_i-t_1)$ să fie egală cu totalitatea degajărilor de căldură Q. Dreapta $1-I$ reprezintă deci încălzirea aerului tratat introdus în încăpere, prin încărcarea lui cu căldura absorbită din cameră.

Pentru ca aerul rece introdus în încăperea condiționată să nu provoace senzație de curent, între temperatura lui și cea a încăperii trebuie să se mențină o diferență de temperatură Δt în limitele indicate la capitolul 7. Dacă în urma procesului $A-1$ de umidificare a aerului (fig. 8.11) se ajunge la o diferență de temperatură $\Delta t = t_i - t_1$ prea mare, este necesar ca uzina de condiționare să fie prevăzută cu o conductă și o cameră de ocolire (v. fig 8.8). În camera de ocolire aerul tratat, care iese din camera de umidificare în starea 1, se amestecă cu aerul recirculat adus din încăperea condiționată în starea I. Amestecul decurge deci după dreapta $1-I$, iar punctul de amestec B se situează pe această dreaptă. Starea aerului refulat în încăperea condiționată este reprezentată deci de punctul B în loc de 1. Poziția punctului B (fig. 8.11) este determinată de raportul dintre debitul de aer tratat

Scanned with OKEN Scanner

și cel introdus în camera de ocolire. Acest raport se stabilește astfel încît valoarea $\Delta t = t_i - t_B$ să se înscrie în limitele admisibile pentru confort.

Diagrama de funcționare pentru regim de vară indicată în figura 8.11 este folosită, de obicei, la instalațiile de condiționare din industrie care vehiculează debite mari de aer. Răcirea acestor debite mari prin pulverizare cu apă este cea mai economică. La instalațiile mai mici, precum și la cele din clădirile civile unde se urmărește o temperatură a aerului răcit mai coborîtă decît cea care poate fi realizată prin pulverizare cu apă, se folosește metoda răcirii aerului într-o baterie de răcire, alimentată cu apă refrigerată de o instalație frigorifică. În acest caz, aparatul de condiționare schematizat în figura 8.8 se prevede în plus cu o baterie de răcire montată, de obicei, după camera de umidificare; pulverizarea se folosește pentru regimul de iarnă, iar vara aerul în starea A (fig. 8.12) este trecut fără altă tratare prin bateria de răcire în care procesul decurge după dreapta $A-1$. Acest proces este similar cu unul din procesele $A-1$; $A-2$ sau $A-3$ indicate în figura 8.6, deoarece temperatura la suprafața bateriei de răcire cu care vine în contact este întotdeauna mai mică decît temperatura la termometrul umed al aerului.

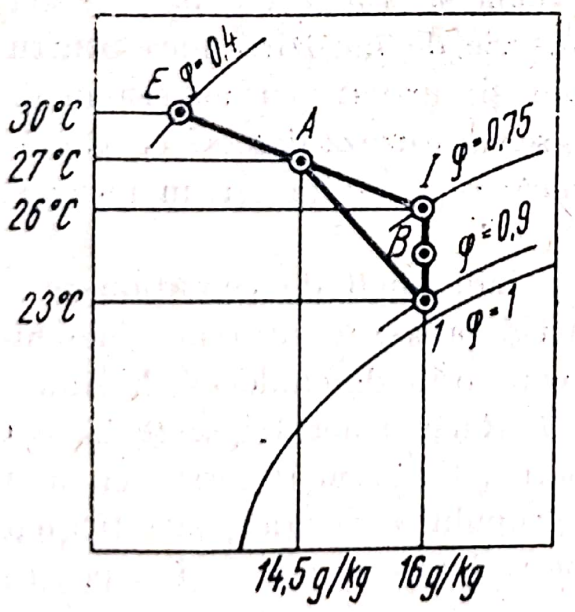


Fig. 8.11. Diagrama de funcționare în regim de vară a unei instalații de condiționare a aerului.

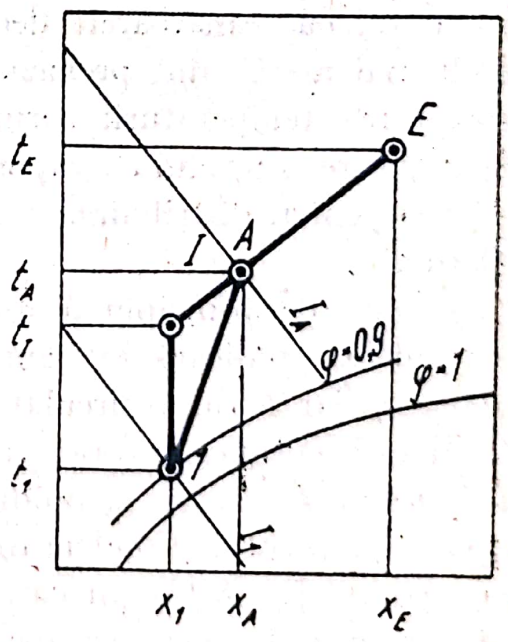


Fig. 8.12. Diagrama de funcționare în regim de vară cu răcirea aerului în bateria de răcire.

Scanned with OKEN Scanner

4. AGREGATE INDIVIDUALE DE CONDIȚIONARE A AERULUI

După mărimea lor, agregatele individuale sînt de două tipuri : agregate mici, care servesc la condiționarea încăperilor cu dimensiuni reduse (birouri, camere de hotel etc.) și agregate mari, care se montează în încăperi cu dimensiuni importante (încăperi de producție, magazine universale, săli de expoziție etc.).

■ Agregatele mici se montează de obicei în ferestre, prin înlocuirea unei porțiuni de geam, sau în parapetul de sub ferestre. Din această cauză ele sînt deseori cunoscute sub denumirea de agregate sau aparate de fereastră. Aceste aparate aspiră și amestecă o cantitate mică de aer exterior și o cantitate mult mai mare de aer recirculat din interiorul încăperii servite ; amestecul este filtrat de praf, răcit într-o baterie alimentată cu fluid frigorific circulat de un grup compresor-condensator și apoi, astfel tratat, aerul este introdus în încăpere. Agregatele de fereastră nu se racordează niciodată cu canale de aer pentru distribuirea uniformă a acestuia în încăperea servită sau pentru conducerea lui în altă parte. Agregatele de fereastră servesc direct încăperea în care sînt montate.

■ Agregatele individuale mari, denumite deseori dulapuri de condiționare, datorită dimensiunilor și formei lor asemănătoare cu această mobilă, au o componență și o funcționare similară cu agregatele de fereastră, cu următoarele deosebiri : circulă și tratează debite de aer mult mai mari ; sînt prevăzute cu o baterie de încălzire mică pentru corectarea temperaturii aerului, precum și, uneori, cu un sistem de umidificare a aerului cu vapori de apă ; se racordează deseori cu canale de aer pentru distribuirea aerului în încăperea servită sau în încăperi alăturate.

Schema de principiu a unui agregat individual de condiționare a aerului este indicată în figura 8.13. Aerul proaspăt intră prin deschiderea *1*, iar aerul recirculat din încăpere prin deschiderea *2*. Amestecul este curățat de praf prin filtrul *3*. Răcirea aerului se realizează în bateria *4* în care se produce evaporarea fluidului frigorific circulat de compresorul *5*. Condensatorul *6* al grupului frigorific poate fi răcit cu apă (v. fig. 8.13), în care caz se prevăd racordurile *7* și *8* pentru alimentarea și evacuarea apei sau, în special la agregatele mici, răcirea poate fi realizată cu aer, circulat sau nu de către un ventilator axial. Pentru evacuarea picăturilor de apă care se pot forma prin condensare

Scanned with OKEN Scanner

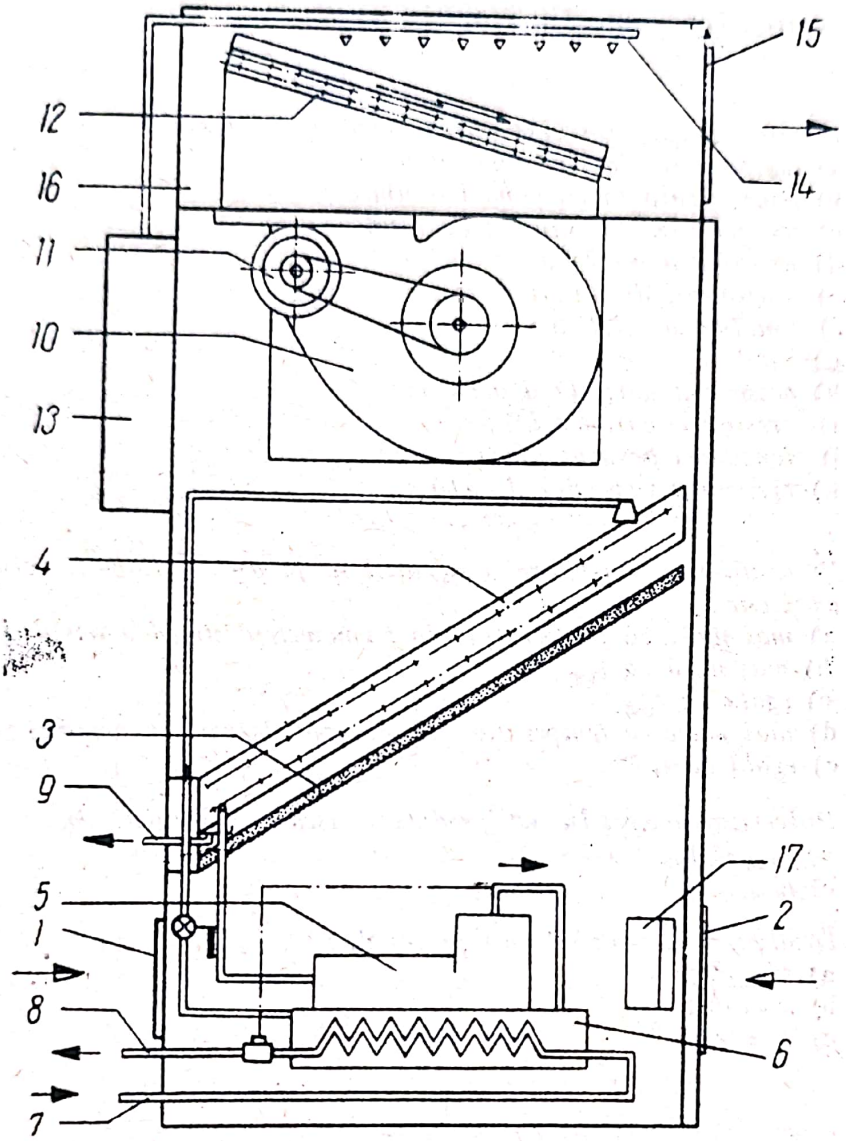


Fig. 8.13. Agregat individual de condiționare a aerului.

pe bateria de răcire, sub aceasta se prevede un jgheab și un racord de scurgere *9*. Aerul este vehiculat de ventilatorul *10*, acționat de motorul electric *11*. Încălzirea aerului se face în bateria *12*. Pentru umidificare, unele aparate sînt prevăzute cu un rezervor *13* pentru producerea vaporilor de apă, care se distribuie în curentul de aer prin țeava cu găuri *14*. Aerul astfel tratat este introdus direct în încăpere sau, în cazul agregatelor mari, într-un canal de aer, prin deschiderea *15*. Toate elementele componente ale agregatului sînt închise într-o carcasă metalică *16*, prevăzută cu urechi *17* pentru fixarea de construcție.

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea cunoștințelor

8.1 *Parametrii care definesc starea aerului umed sînt :*
a) *temperatura la termometrul uscat ;*
b) *temperatura la termometrul umed ;*
c) *temperatura la punctul de rouă ;*
d) *umiditatea absolută ;*
e) *conținutul de umiditate ;*
f) *umiditatea relativă ;*
g) *entalpia ;*
h) *presiunea parțială a aerului ;*
i) *presiunea barometrică ;*
j) *densitatea aerului umed ;*
k) *presiunea vaporilor de apă ?*

8.2. *Procesul de umidificare a aerului se produce adiabatic, cînd temperatura apei este :*
a) *mai mare ca temperatura la termometrul umed a aerului* (t_{um}) ;
b) *mai mică ca* t_{um} ;
c) *egală cu* t_{um} ;
d) *mai mare ca temperatura la punctul de rouă a aerului* (t_r) ;
e) *egală cu* t_r ?

8.3. *Pulverizarea apei în aer produce o uscare a aerului cînd :*
a) $t_{apă} < t_{um}$;
b) $t_{apă} < t_r$?

8.4. *Încălzirea aerului este un proces de :*
a) $t = \text{ct}$;
b) $x = \text{ct}$;
c) $I = \text{ct}$?

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 9

INSTALAȚII DE ELIMINARE A CEȚII. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE ȘI SCHEME CONSTRUCTIVE

În diferite încăperi cu caracter industrial, comercial, cultural, sportiv, procesele ce se desfășoară sînt însoțite adeseori de degajări de vapori de apă. În unele cazuri, ca, de exemplu: secțiile de finisare-vopsitorie ale fabricilor textile, în sălile mașinilor de hîrtie, la filtrele-prese din fabricile de zahăr, în secția deruloare la fabricile de placaje, în spălătorii, bucătării, săli de dușuri, bazine de înot etc., cantitatea vaporilor de apă care se degajă este atît de însemnată încît creează condiții de muncă neigienice, degradează elementele de construcții și chiar utilajele, instalațiile și materialele din încăperi. În anotimpurile reci, degajarea vaporilor de apă creează ceață, care face ca condițiile de muncă și confort să fie și mai grele.

Astfel de instalații de eliminare a ceții s-au prevăzut la combinatele de hîrtie și celuloză de la Chișcani-Brăila, Suceava, Palas-Constanța, la Țesătoria Dacia din București, la Bazinul de înot de la Floreasca din București etc.

Scopul unei instalații de eliminare a ceții este de a îndepărta umiditatea și ceața, formată în încăperi și de a împiedica formarea condensului pe suprafețele reci ale elementelor de construcții.

Condiția necesară pentru a se împiedica formarea condensului pe o suprafață rece este ca temperatura acestei suprafețe să fie cel puțin cu 1°C mai mare decît temperatura la punctul de rouă al aerului umed, care vine în contact cu suprafața rece.

Eliminarea ceții sau a umidității din interiorul încăperilor se poate realiza prin ventilare generală sau combinată (locală și generală).

În cazul ventilării generale a încăperii, principiul de funcționare este următorul : se introduce în hală o cantitate de aer uscat (în timpul verii aer exterior netratat, iar în timpul iernii aer exterior încălzit), care absoarbe umiditatea. Aerul încărcat cu umiditate este evacuat în exterior, fie printr-o instalație de ventilare mecanică, fie prin ventilare naturală.

■ În cazul ventilării combinate, principiul de funcționare este următorul : vaporii de apă se aspiră direct din locurile de unde se degajă, prin dispozitive de aspirație locală, montate la utilaje. Vaporii aspirați sînt evacuați la exterior printr-o instalație de ventilare mecanică. Aerul evacuat este înlocuit printr-o instalație de ventilare generală, care introduce aer din exterior, neîncălzit vara și încălzit iarna. Deoarece dispozitivele de aspirație locală nu aspiră complet toată umiditatea degajată, instalația de ventilare generală pentru introducerea aerului are și rolul de a elimina umiditatea care a scăpat. Instalația de ventilare generală se combină și cu încălzirea cu aer cald.

Funcție de construcția și de modul de amplasare a utilajelor care degajă vaporii de apă, de felul construcției și de modul în care se produce degajarea vaporilor, se poate alege una din schemele prezentate în continuare.

■ Ventilarea generală cu introducere de aer la partea inferioară a încăperii, la o înălțime de circa 1,50 m de la nivelul pardoselii, și cu evacuarea aerului umed printr-o instalație de aspirație mecanică avînd gurile montate mai sus de 1,50 m, coincide cu tendința naturală de ridicare a aerului umed și este una din schemele cele mai recomandate adoptîndu-se în cazurile în care degajările de vapori de apă sînt în cantități mari ; utilajele care degajă vapori sînt răspîndite pe toată suprafața încăperii, iar gurile de refulare pot fi dispuse în vecinătatea utilajelor care degajă vapori, acestea din urmă, prin formă și dimensiuni, nemaiîmpiedicînd distribuția uniformă a aerului în zonele cu degajări.

■ Ventilarea generală cu refularea aerului la partea superioară a încăperii trebuie, pe cît posibil, evitată și se adoptă numai în cazurile în care cantitatea de vapori de apă degajați în încăpere este redusă, iar gurile de refulare amplasate la înălțimea de 1,50 m nu ar putea crea jeturi cu viteză mică care să acopere sursele de degajări. Această schemă se mai adoptă în cazurile cînd, indiferent de cantitatea vaporilor de apă degajați, există utilaje masive și înalte sau orice alte

Scanned with OKEN Scanner

obstacole care ar împiedica distribuirea uniformă a aerului în zonele de degajare, dacă refularea aerului s-ar face în partea inferioară a încăperii.

■ Ventilarea generală cu refularea aerului la partea superioară a încăperii și dirijarea lui în zona de lucru cu ajutorul unor paravane (fig. 9.1) se utilizează atunci cînd utilajele se pot dispune sub paravane de-a lungul pereților, iar deservirea utilajelor de către muncitori se poate face din afara zonei acoperite de paravane.

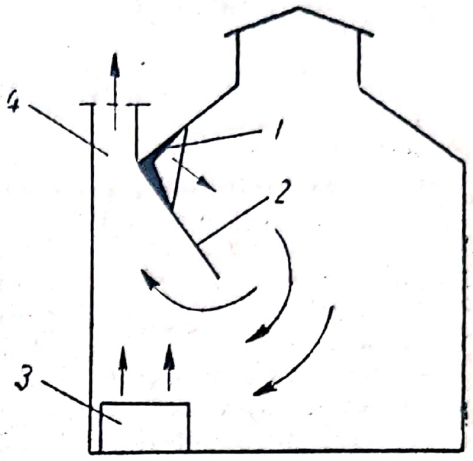


Fig. 9.1. Ventilare generală cu refularea aerului la partea superioară a încăperii și dirijarea lui prin paravane:
1 — conductă de refulare; *2* — paravan; *3* — sursă de degajare a vaporilor; *4* — evacuarea aerului.

Atunci cînd, prin introducerea de aer proaspăt prin una din schemele arătate mai înainte, nu se împiedică formarea condensatului pe elementele reci ale construcției, în special în zona acoperișului, este necesară încălzirea aerului umed, înainte de contactul său cu suprafețele reci, prin montarea de corpuri de încălzire în zonele reci, corpuri de încălzire care vor funcționa numai în perioada rece a anului.

Procesele tehnologice trebuie proiectate astfel încît să se evite împrăștierea apei pe pardoseli, pereți, utilaje etc. și să se evite transportul sau depozitarea în hale a materialelor umede.

Utilajele cu degajări mari de umiditate și căldură se grupează în camere separate, amplasîndu-se astfel încît să se realizeze o distribuție cît mai uniformă a aerului.

Pentru reducerea suprafețelor reci, elementele de construcții vor fi izolate termic; ferestrele și luminatoarele halelor umede vor avea două rînduri de geamuri și vor fi prevăzute cu dispozitive de colectare și evacuare a condensatului; conductele de apă etc. se izolează termic pentru evitarea condensării vaporilor pe suprafețele reci ale acestora; pardoselile și sifoanele de pardoseală vor fi proiectate pentru a asigura o evacuare rapidă a apei împrăștiate pe pardoseală de procesul tehnologic.

Pentru evitarea pătrunderii de aer rece din exterior, accesul oamenilor și al materialelor se face numai prin intermediul unui sas.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicație

Să se arate cum trebuie executată o instalație de eliminare a ceții într-o vopsitorie la o fabrică textilă.

Rezolvare.

În execuția instalației trebuie să se urmărească respectarea întocmai a planurilor de execuție, și anume : dimensiunile canalelor de aer, cotele în plan și în secțiunile verticale. Canalele se vor executa numai din tablă zincată pentru evitarea corodării lor.

Canalele de introducere a aerului cald, iarna, se izolează termic.

Condițiile de microclimat recomandate în zona de lucru a încăperilor umede sînt următoarele :

— temperatura interioară în perioada rece 15···18°C, în perioada caldă 3...5°C peste temperatura de calcul de vară, dar maximum 31...33°C ;

— umiditatea relativă 70--80%.

Verificarea cunoștințelor

9.1. *Condiția pentru a se împiedica formarea condensatului pe o suprafață rece este ca temperatura acestei suprafețe să fie față de temperatura la punctul de rouă al aerului umed :*

a) *mai mare cu cel puțin 1°C ;*
b) *mai mică cu cel puțin 1°C ;*
c) *egală ?*

9.2. *Schema unei instalații de eliminare a ceții se stabilește în funcție de :*

a) *cantitatea de degajări de vapori de apă ;*
b) *amplasamentul și dimensiunile utilajelor ;*
c) *cantitatea de degajări, amplasamentul și dimensiunile utilajelor ?*

9.3. *Introducerea aerului proaspăt în cazul instalațiilor de eliminare a ceții este cel mai indicat a se face :*

a) *în partea inferioară a încăperii la circa 1,5 m de la pardoseală ;*
b) *în partea de mijloc a încăperii ;*
c) *în partea de sus a încăperii ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 10

INSTALAȚII DE DESPRĂFUIRE

A. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE ȘI SCHEME CONSTRUCTIVE

Degajările de praf pot avea loc de la surse foarte variate, cum sînt : descărcarea, manipularea și transportul materialelor pulverulente mărunțite ; concasarea, măcinarea, mărunțirea, amestecarea diferitelor materiale ; prelucrarea pieselor (așchiere, polizare, șlefuire, laminare etc.) ; curățirea materialelor (sablare, periere).

În afară de faptul că praful provoacă o serie de boli profesionale, el pătrunde între piesele în mișcare ale mașinilor, contribuind la accelerarea uzurii acestora. Unele prafuri, pătrunzînd între contactele electrice ale aparaturii de pornire, comandă și control împiedică buna funcționare, putînd provoca scurtcircuite și avarii.

Pentru ca desprăfuirea să fie eficace, trebuie ca degajarea de praf să se producă în interiorul unei carcase. Atunci cînd sursa nu se poate carcasa complet, ea trebuie carcasată cel puțin parțial, astfel încît curenții de aer să poată fi controlați. Cînd carcasarea nu este posibilă, deoarece împiedică buna desfășurare a procesului tehnologic sau folosirea utilajului, locul de muncă trebuie izolat față de restul încăperii.

Carcasarea sursei de praf este soluția cea mai economică ; în anumite cazuri este suficientă numai o bună carcasă. Debitele de aer, deci consumurile de energie aferente, precum și conductele și ventilatoarele, vor fi cu atît mai mici, cu cît carcasele vor fi mai etanșe și deschiderile libere mai reduse.

Desprăfuirea în cadrul transportului materialelor pulverulente pe benzi. Praful se produce, de obicei, în următoarele locuri :

— la căderea materialelor de la diferite utilaje pe benzile de transport ;

Scanned with OKEN Scanner

— la căderea materialelor de pe benzi în jgheaburi pentru alimentarea diferitelor utilaje ;

— la căderea materialelor de pe o bandă de transport pe alta.

Praful generat în aceste locuri se datorește :

— suprapresiunii care se formează datorită aerului antrenat de materialele în cădere și care face ca aerul încărcat cu praf să se răspîndească în jurul punctului de cădere ;

— șocului dintre materiale și suprafața pe care cad datorită căruia particulele de praf sînt proiectate în jurul punctului de contact.

■ În continuare se prezintă cîteva sisteme de desprăfuire utilizate în special în industria materialelor de construcții.

— În figura 10.1 se arată modul de desprăfuire prin carcasarea unui punct de cădere a materialului de pe o bandă pe alta. Carcasa închide întregul punct de cădere. Deschiderea pentru intrarea materialului se obturează cu un șorț flexibil *3* care se modulează după forma ma-

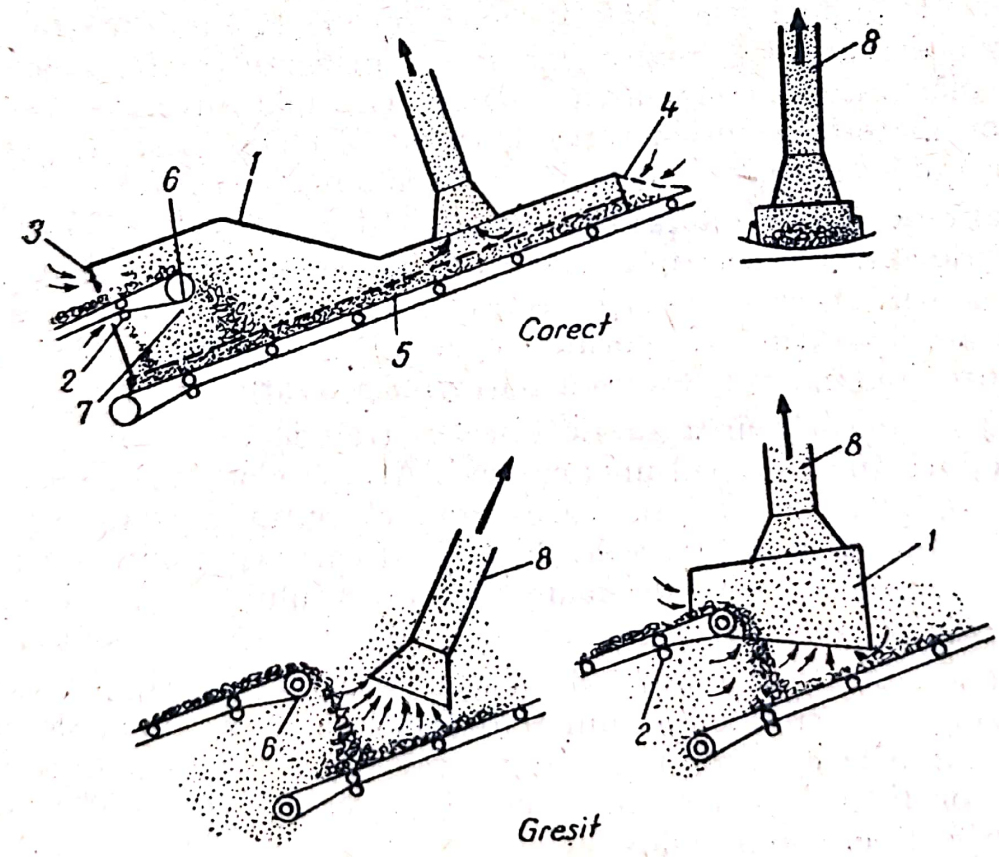


Fig. 10.1. Desprăfuirea prin carcasare și ventilare a unui punct de vărsare a materialului de pe o bandă pe alta :
1 — carcasă ; *2* — pereche de role conducătoare ; *3* și *4* — șorțuri ; *5* — foi de cauciuc ; *6* — rolă pentru schimbarea direcției ; *7* — perie sau cuțit ; *8* — racord de aspirație.

Scanned with OKEN Scanner

terialului. Deasupra benzii inferioare, carcasa *1* se execută cu o înălțime suficientă pentru a permite prafului (viteza aerului fiind mică) să se depună ; presiunea datorită izbirii materialului trebuie să nu fie prea mare. Lungimea carcasei pe porțiunea orizontală trebuie să fie de 1,3—2 ori lățimea benzii, pentru ca materialul și praful să se poată liniști. La ieșirea materialului se prevede un șorț *4* care contribuie la crearea unor viteze de aspirație ridicate. Racordul de aspirație *8* nu trebuie să se găsească deasupra zonei de cădere a materialului, ci la oarecare distanță, pentru ca sub racord materialul să fie liniștit. După racord carcasa mai trebuie menținută pentru ca aerul care pătrunde cu viteză mare pe sub șorțul *4*, în sens contrar deplasării materialului, să antreneze praful fin.

— În figura 10.2 se indică desprăfuirea punctului de alimentare a unui elevator cu cupe pentru transportul materialelor pulverulente pe verticală. Sub punctul de alimentare carcasa îmbracă încă cel puțin două cupe, știind că materialul care scapă ajunge în cupa următoare. Se preconizează ca după racordul de aspirație carcasa să mai îmbrace încă patru cupe.

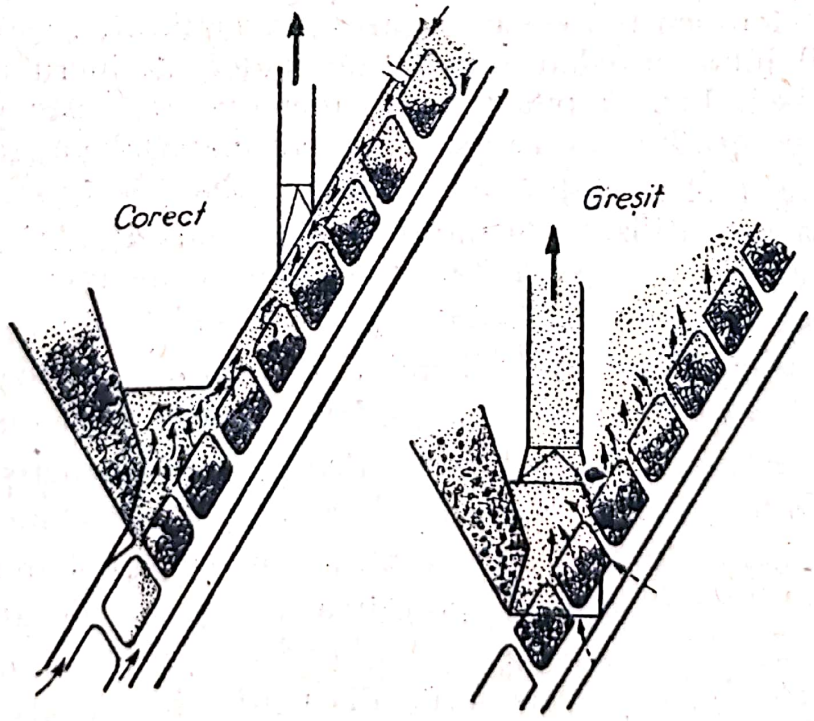


Fig. 10.2. Desprăfuirea punctului de alimentare a unui elevator cu cupe de construcție deschisă.

Scanned with OKEN Scanner

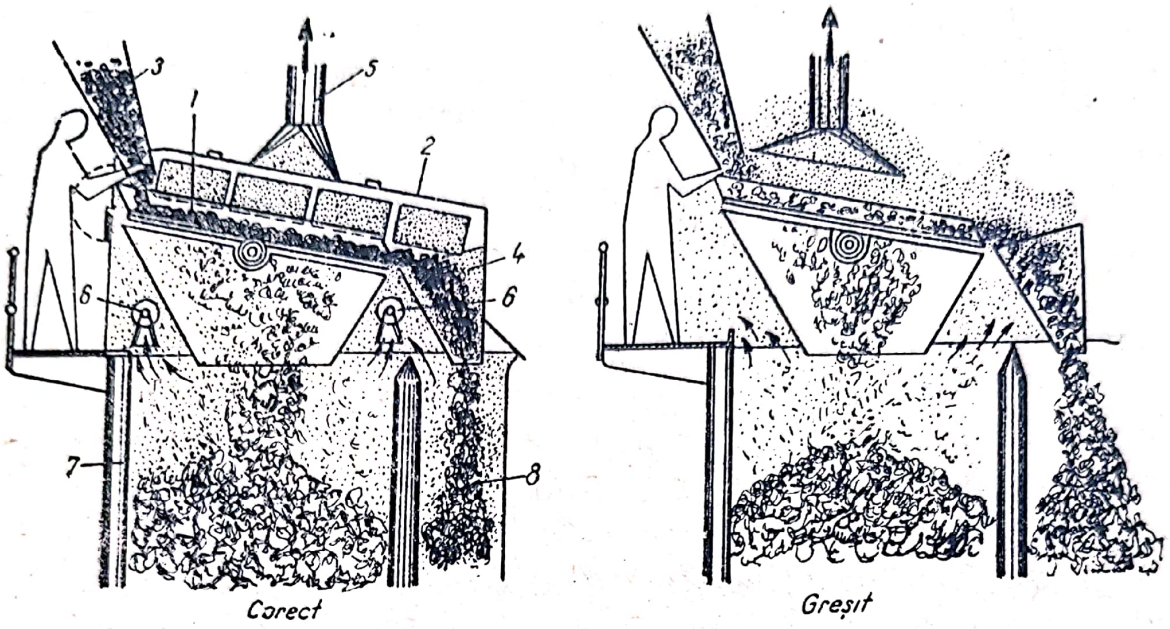


Fig. 10.3. Desprăfuirea unei site pentru sortarea materialului pe două granulații :
1 — sită ; *2* — carcasă ; *3* și *4* — jgheaburi ; *5* și *6* — racorduri de aspirație ; *7* — buncăr pentru material fin ; *8* — buncăr pentru material mare.

— În figura 10.3 se arată modul de desprăfuire a unei site pentru sortarea materialului pe două granulații, instalație utilizată la sortarea agregatelor pentru betoane. Carcasa trebuie să se execute etanș pe corpul utilajului, existînd numai o deschidere de lucru pe o singură parte a carcasei. Pentru punctul de cădere pe sită este prevăzut racordul *5*, iar pentru buncărele de colectare a materialelor, racordurile *6*.

— În figura 10.4 se indică desprăfuirea prin carcasare a punctului de golire a sacilor utilizată în industria de panificație. Degajarea prafului este provocată de șocul dintre particulele de material și pereții recipientului și de aerul dizlocuit care iese afară din buncăr, butoi, sac etc., de aceea deasupra orificiului de încărcare se construiește o carcasă. Înălțimea de cădere a materialului trebuie să fie cît mai mică ; volumul carcasei va fi cît mai mare. Pentru supravegherea descărcării s-a prevăzut o fereastră *2*. Racordul de aspirație nu trebuie așezat prea aproape de sacul de praf, pentru a nu se antrena prea mult material.

— În figura 10.5 se arată desprăfuirea unui punct de umplere a butoaielor cu materiale pulverulente. Se folosește fie un capac *1* mobil pe verticală, fie un capac fix și un dispozitiv de ridicare a butoiului pînă sub capac. Racordul de aspirație *2* este elastic și poate fi prevăzut cu un manșon perforat *3*, care permite reglarea accesului de aer,

Scanned with OKEN Scanner

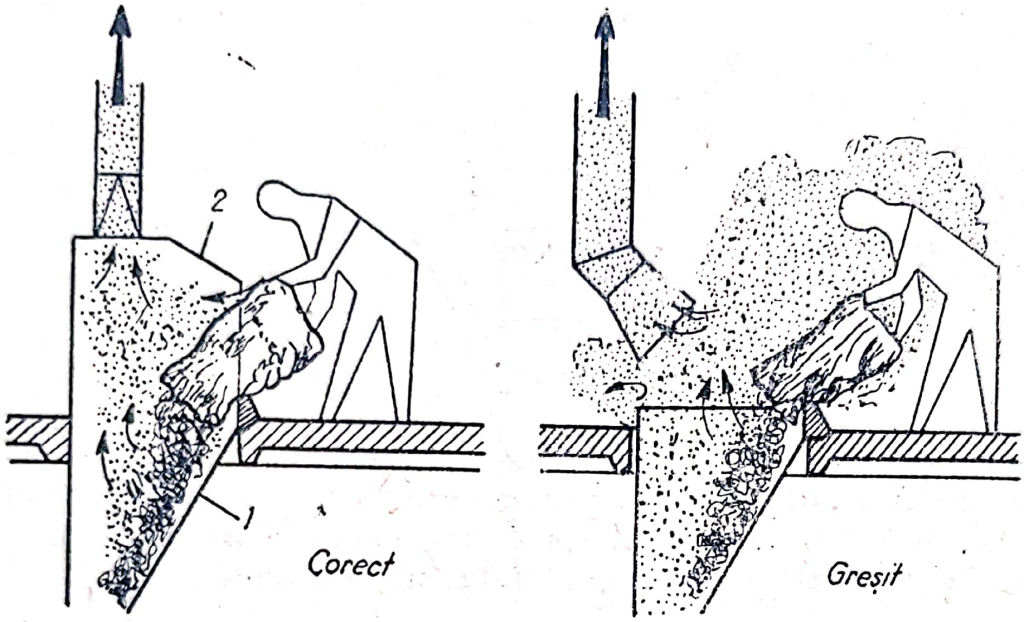


Fig. 10.4. Desprăfuirea prin carcasare a punctului de golire a sacilor într-un buncăr :
1 — plan înclinat ; *2* — fereastră de absorbție.

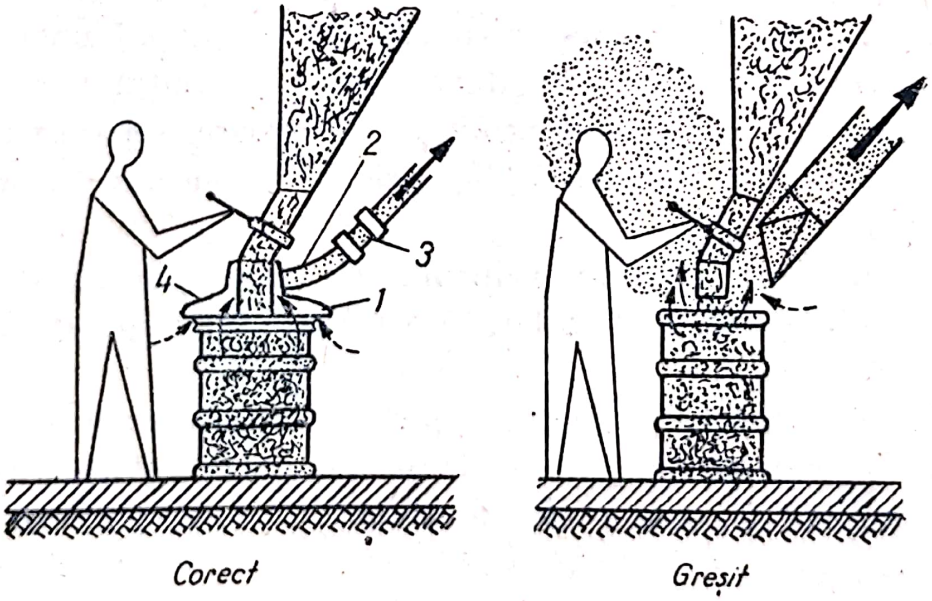


Fig. 10.5. Desprăfuirea prin carcasare a unui punct de umplere a butoaielor.

Scanned with OKEN Scanner

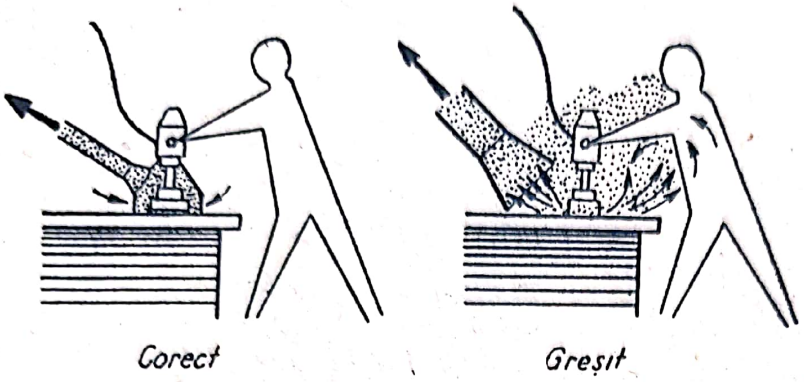


Fig. 10.6. Desprăfuirea unei mașini de șlefuit.

astfel încît din butoi să se antreneze cît mai puțin material. Capacul are o fereastră de observație *4* pentru controlarea nivelului de umplere.

— În figura 10.6 se arată desprăfuirea unei mașini de șlefuit plană, utilizată în industria lemnului, în fabricile de mobilă.

B. SEPARATOARE DE PRAF

a. **Generalități.** Una din sursele importante de poluare este și aerul evacuat în atmosferă în cadrul diferitelor procese tehnologice sau de instalații de ventilare.

Una din multiplele metode de acționare pentru prevenirea poluării mediului este și aceea de curățire a aerului viciat înainte de evacuare.

Aerul se curăță de praf în primul rînd pentru a nu constitui o sursă de impurificare a atmosferei, alteori pentru recuperarea prafului (fabrici de ciment, de produse chimice) sau în scopul unei economii de căldură, prin recircularea lui după reducerea conținutului de praf. În conformitate cu normativele sanitare în vigoare, separarea prafului mineral din aerul evacuat este obligatorie la o concentrație mai mare de 150 mg/m³.

Curățirea de praf a aerului vehiculat de instalațiile de desprăfuire înainte de evacuarea sa în atmosferă se realizează prin aparate denumite *separatoare de praf.*

Condițiile de utilizare a acestor aparate variază extrem de mult, în funcție de : natura, forma și dimensiunile particulelor de praf, concentrația prafului în aer, gradul de desprăfuire necesar, considerente privind costul investiției și cheltuielile de exploatare, instalațiile auxiliare necesare, spațiul ocupat etc. Toate acestea au determinat crearea unui număr mare de tipuri și modele de separatoare de praf.

Scanned with OKEN Scanner

La alegerea tipului de separator se iau în considerare următorii parametri funcționali: gradul de separare a prafului (randamentul), conținutul de praf în aerul curățat, rezistența aeraulică, capacitatea de reținere (cantitatea de praf colectată în intervalul dintre două curățiri), durata de funcționare între curățiri, dimensiunea minimă a particulei ce poate fi reținută de separator, temperatura maximă a aerului sau gazului, pericolul de aprindere sau explozie etc.

b. **Tipuri de separatoare de praf.** *Camerele de depunere* sînt cele mai simple separatoare de praf. Ele sînt alcătuite dintr-un compartiment etanș prevăzut la un capăt cu o intrare pentru aerul prăfuit și la celălalt capăt cu o ieșire pentru aerul curățat (fig. 10.7, *a*).

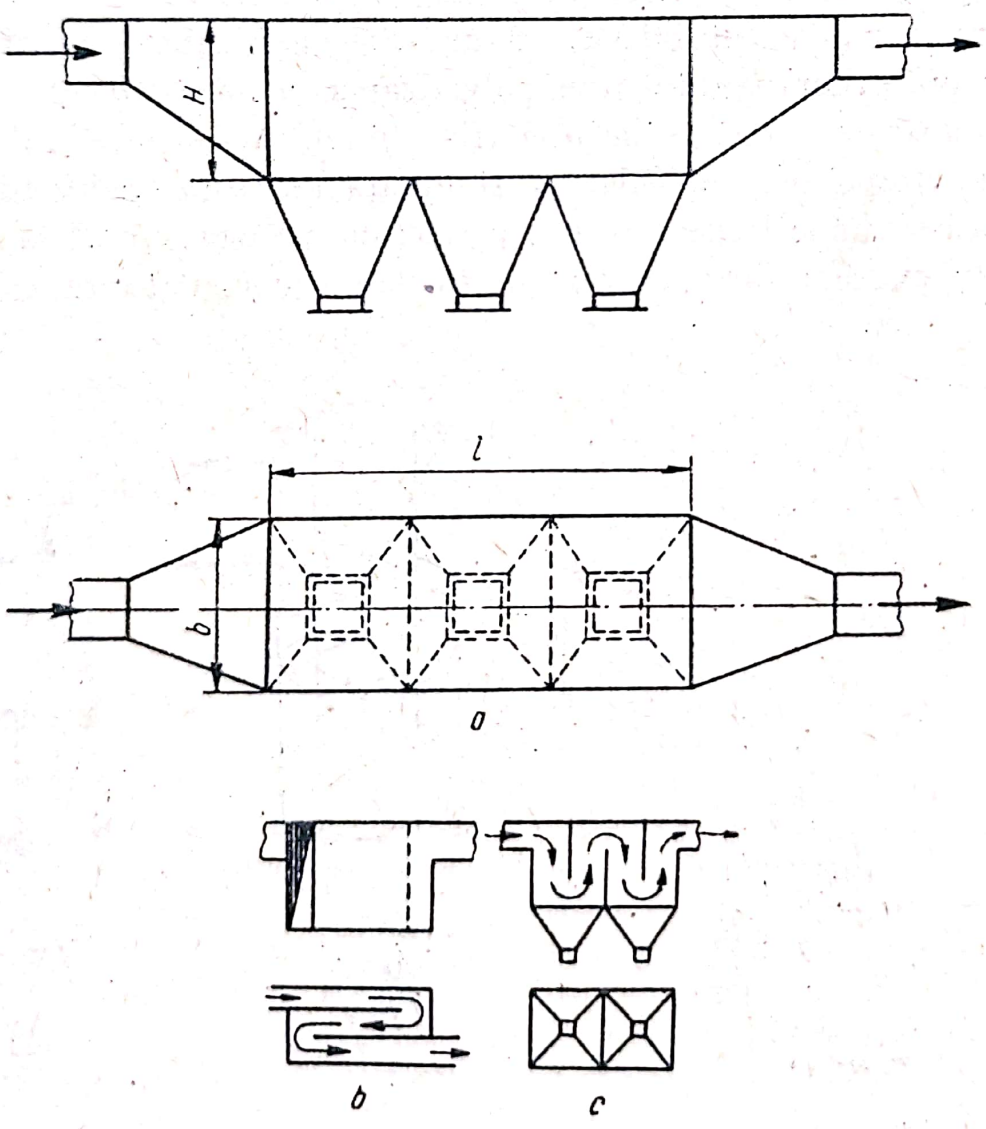


Fig. 10.7. Camere de depunere.

Scanned with OKEN Scanner

Funcționarea camerelor de depunere se bazează pe principiul separării particulelor de praf din aer sub efectul gravitației.

Camerele de depunere pot fi realizate din orice material, dar dimensiunile lor sînt în general foarte mari. Pentru a se reduce lungimea camerelor de depunere acestea se prevăd, uneori, cu o serie de șicane (fig. 10.7, *b* și *c*) de care se lovește aerul care traversează camera, accelerînd depunerea.

Gradul de curățire a aerului depinde de lungimea camerelor de depunere, sistemul avînd o eficacitate redusă față de spațiul ce-l ocupă.

Diametrul minim al particulelor de praf reținute este 40—50 μ.

Utilizarea cea mai curentă a camerelor de depunere este pentru reținerea particulelor mari, ca primă treaptă de curățire. Camerele de depunere sînt frecvent folosite în industria alimentară, pentru recuperarea pulberilor produse prin pulverizarea lichidelor condensate.

Separatoare cu rezervor de apă (fig. 10.8.). Aerul încărcat cu praf intră cu viteză, perpendicular pe suprafața apei din bazin, fiind silit apoi să-și schimbe brusc direcția, paralel cu această suprafață, pentru a fi apoi evacuat din rezervor. Particulele solide, datorită inerției și

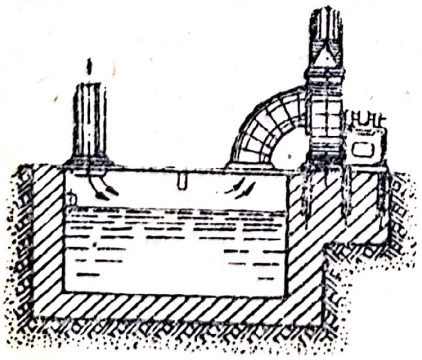


Fig. 10.8. Separator cu rezervor de apă.

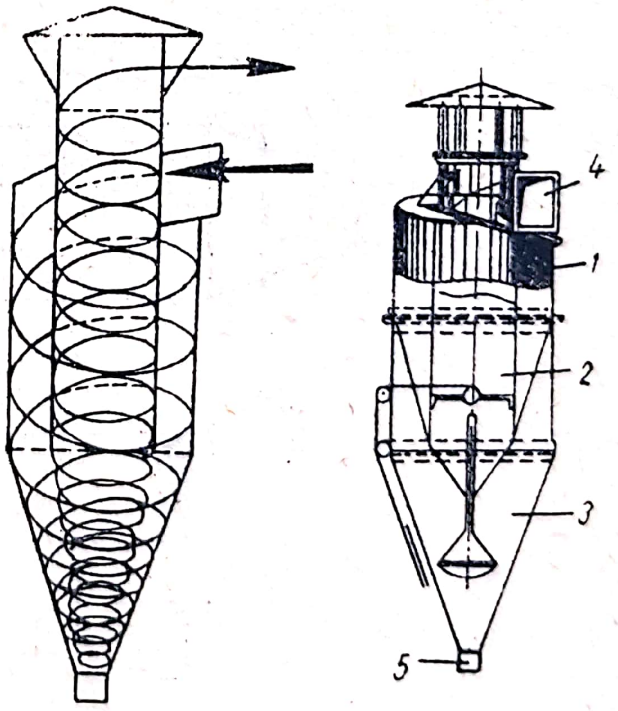


Fig. 10.9 Ciclon

Scanned with OKEN Scanner

apoi tensiunii superficiale a apei sînt reținute de aceasta. Apa trebuie continuu împrospătată, pentru a evita formarea la suprafața ei a unei cruste produse de aglomerarea particulelor de praf.

Acest sistem este eficace numai dacă praful conținut în aer are masă specifică mare și dacă este higroscopic (praf de lemn, de tutun, praful din industria textilă).

Cicloanele reprezintă categoria de separatoare de praf cu cea mai largă utilizare în practică. Proprietățile specifice acestor aparate sînt costul scăzut, simplitatea construcției și a exploatării. Ca dezavantaj este gradul scăzut de separare a particulelor fine. Folosirea pe scară largă se explică prin randamentele satisfăcătoare pe care le asigură în cazul particulelor mari, precum și prin faptul că în cazul particulelor fine constituie o primă treaptă de separare. Ciclonul este format dintr-un cilindru din tablă de oțel terminat la partea inferioară printr-un trunchi de con (fig. 10.9).

Aerul încărcat cu praf intră tangențial în corpul cilindric prin gura *4*, capătă o mișcare elicoidală dată de forma părții superioare a cilindrului-melc *1* și se mișcă după o spirală, coborînd pînă la partea de jos a cilindrului *3*. Sub acțiunea forței centrifuge create, praful se acumulează pe pereți, căzînd în partea de jos, prevăzută cu orificiul de golire *5*. Aerul își continuă mișcarea în spirală și este evacuat în atmosferă prin tubul central *2*.

Ciclonul se leagă de instalația de ventilare prin canale, putînd funcționa pe conducta de refulare sau de aspirare a ventilatorului.

Randamentul cicloanelor este de 80—95% pentru particule de praf cu diametrul de 15—40 μ. Datorită faptului că gradul de separare crește cu reducerea dimensiunilor ciclonului, în ultimul timp capătă o mare utilizare bateriile de cicloane cu diametru mic, numite multicicloane (fig. 10.10). Elementele de multicicloane se montează într-o carcasă în care aerul ajunge și se distribuie la fiecare ciclon.

Pentru a se mări randamentul cicloanelor, s-au construit cicloane cu peliculă de apă pe pereții ciclonului, realizată prin pulverizatoare de apă montate în interior.

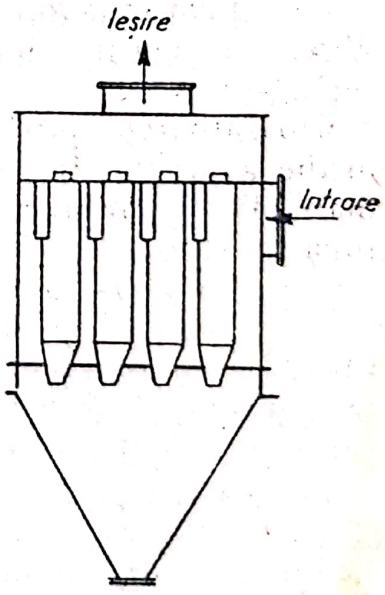


Fig. 10.10. Multiciclon.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicație

Să se arate cum trebuie montat un ciclon care să separe praf abraziv.

Rezolvare. Montarea ciclonului înaintea ventilatorului este avantajoasă pentru ventilator care este protejat împotriva coroziunii, dar faptul că ciclonul se găsește în depresiune favorizează reantrenarea prafului din buncăr. Montarea ciclonului după ventilator creează avantajul că, printr-un organ de reglaj plasat la ieșirea aerului din tubul de evacuare se poate acționa asupra presiunii în orificiul de evacuare a prafului, în așa fel ca aceasta să fie egală cu presiunea atmosferică. Ținînd seamă că praful abraziv corodează puternic în special paletele ventilatorului și datorită masei specifice mari este antrenat prin depresiune în cantități foarte mici, se recomandă soluția montării ciclonului înaintea ventilatorului. În cazul particulelor mai puțin abrazive și cu masă specifică mică se recomandă soluția a doua.

Separatoarele de praf prin inerție au drept caracteristică comună curgerea aerului cu schimbări bruște de direcție. Fiecare dintre aceste schimbări de direcție constituie un punct de separare a particulelor care, datorită inerției, nu pot urmări întoarcerea curentului și își continuă traiectoria, părăsind aerul care le-a vehiculat. Un model de aparat folosit frecvent în practică este separatorul de praf cu jaluzele (fig. 10.11).

Elementul de separare (fig. 10.11, *b*) este constituit dintr-un trunchi de con cu unghiul la vîrf de aproximativ 10° și ai cărui pereți sînt compuși din jaluzele orientate astfel încît să determine o întoarcere de minimum 120° a curentului de aer care le străbate. Aerul cu praf intră prin baza mare a trunchiului de con și iese printre jaluzele, într-un spațiu închis de mantaua care îmbracă elementul de separare.

Praful care nu poate urmări schimbarea bruscă de direcție a aerului este proiectat către baza mică a trunchiului de con. De la acest capăt se aspiră aproximativ 10% din debitul de aer intrat în aparat, cu un ventilator secundar.

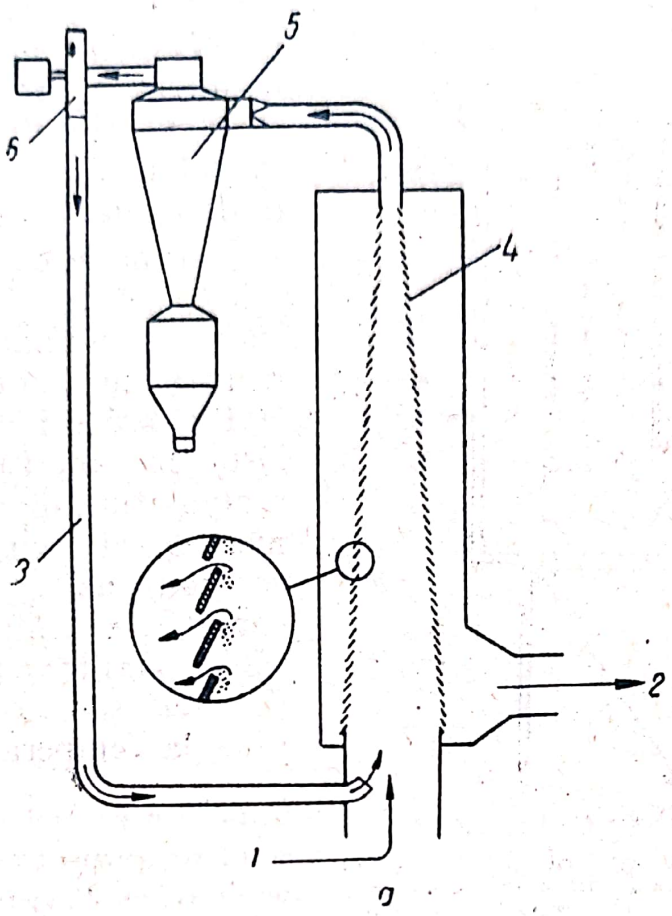
Praful colectat din separatorul cu jaluzele este separat într-un ciclon, după care aerul vehiculat de ventilatorul secundar este reintrodus în separator.

Separatoarele prin inerție se utilizează pentru curățarea brută și medie a aerului încărcat cu praf uscat, mare și greu, în concentrație mare. Pentru particule cu diametrul de 10 μ randamentul poate ajunge pînă la 90%.

Filtrele cu saci sînt alcătuite din saci confecționați din postav, pînză sau alt mediu filtrant țesut, montați în interiorul unei carcase sau liberi într-o încăpere. Aerul cu praf intră în saci, praful este reținut pe suprafața interioară a acestora, iar aerul curat din spațiul care înconjură sacii este evacuat în atmosferă.

În general aerul cu praf este introdus ca în figura 10.12, pentru ca particulele mai mari să fie separate prin inerție și să cadă în buncăr înainte de a intra în saci. Sacii au de obicei diametre de 125—500 mm, și înălțimi pînă la 10 m.

Scanned with OKEN Scanner



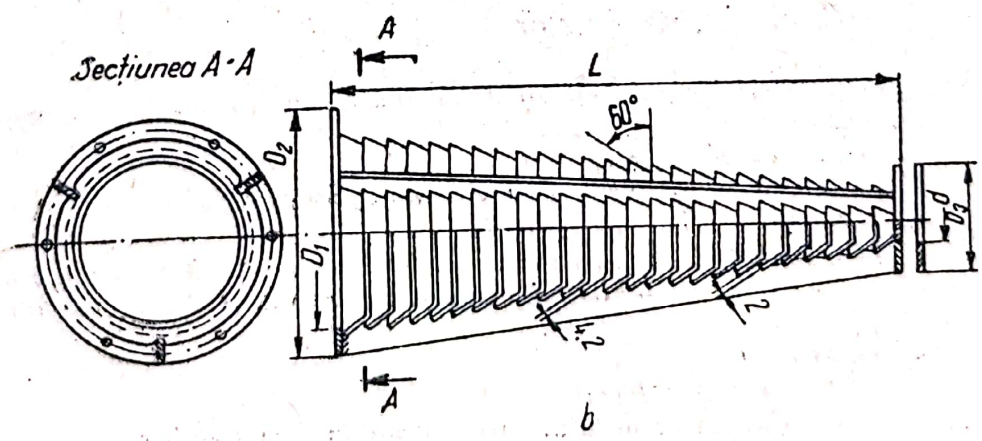


Fig. 10.11. Separator de praf prin inerție :

a — schema de funcționare ; *b* — element de separare ; *1* — intrarea aerului cu praf ; *2* — ieșirea aerului curat ; *3* — aer recirculat ; *4* — separator prin inerție ; *5* — ciclon ; *6* — ventilator secundar.

Scanned with OKEN Scanner

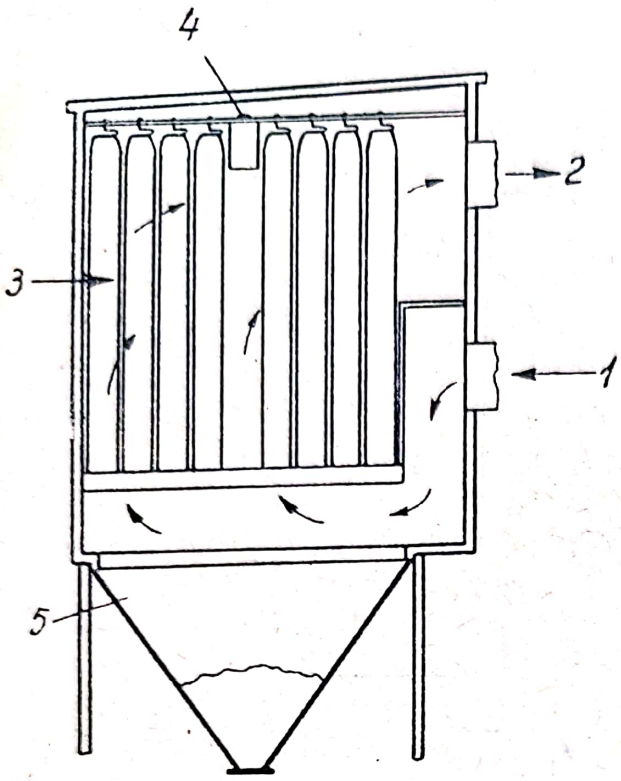


Fig. 10.12. Filtru cu saci:
1 — intrarea aerului cu praf; *2* — ieșirea aerului curat; *3* — sac filtrant; *4* — mecanism de scuturare; *5* — buncăr de colectare.

Filtrele sînt prevăzute cu dispozitive de scuturare acționate manual, electric sau pneumatic, care au rolul de a disloca, de pe suprafețele filtrante, straturile de praf depuse.

În funcție de temperatura gazelor, materialele filtrante se pot executa din: bumbac pentru gaze neutre, cu temperaturi pînă la 80°C; țesături din lînă, care rezistă în condiții bune pînă la temperatura de 110°C, chiar dacă mediul este puțin acid, pentru aer sau gaze pînă la 135°C; în condiții de aciditate sînt folosite fibrele acrilice; țesături din fibre de sticlă sau azbest, care rezistă pînă la temperaturi de 260°C.

Filtrele cu saci sînt utilizate pentru separarea particulelor fine de praf uscat neadeziv, cu diametrul minim de 0,5 μ. Randamentul este foarte bun, peste 90%.

În ultimul timp în industrie, pentru captarea unor cantități mari de praf, tutun, oxid de zinc etc. care recuperate reprezintă o valoare economică importantă se folosesc filtre electrice separatoare în care sarcinile electrostatice constituie agentul de separare.

Verificarea cunoștințelor

10.1. *Care este metoda de ventilare recomandată ca cea mai economică în cazul utilajelor:*
a) *ventilarea generală;*
b) *ventilarea locală prin carcasarea utilajelor;*
c) *combinarea celor două metode?*

10.2. *Pentru desprăfuirea aerului cu un randament de 99% care conține praf uscat cu diametrul particulelor cuprins între 0,5 și 2 μ se vor utiliza:*
a) *filtre cu saci;*
b) *multicicloane;*
c) *separatoare prin inerție?*

10.3. *Pentru desprăfuirea aerului care conține pulberi metalice cu diametrul particulelor peste 50 μ se vor utiliza:*
a) *cicloane;*
b) *camere de depunere;*
c) *filtre cu saci?*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 11

INSTALAȚII DE TRASPORT PNEUMATIC

A. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE ȘI SCHEME CONSTRUCTIVE

Instalațiile de transport pneumatic au rolul de a capta de la mașini deșeurile sub formă de praf, așchii, talaș și de a le transporta la locul de depozitare sau de reutilizare.

Transportul pneumatic prezintă o serie de avantaje care l-au făcut să fie foarte mult folosit în industria lemnului, la morărit, silozuri, prelucrarea fibrelor textile etc.

Principalele avantaje pe care le prezintă transportul pneumatic sînt următoarele :

— îmbunătățește condițiile de igienă a muncii, prin evacuarea aerului cu praf ;

— reduce în mod considerabil pericolul de incendii, prin evacuarea aerului cu praf în suspensie, care, de cele mai multe ori, este inflamabil și exploziv ;

— micșorează uzura mașinilor prin eliminarea posibilităților de depunere a prafului în părțile mobile ;

— îmbunătățește ordinea și circulația în ateliere prin evacuarea imediată a deșeurilor ;

— simplifică manipularea materialelor ;

— mărește suprafața utilă a atelierelor prin evacuarea deșeurilor care s-ar depozita lîngă mașină ;

— este un sistem de transport adaptabil oricăror condiții constructive și tehnologice (se poate amplasa sub tavan, pe pereți, pe pardoseală, sub acoperiș) și nu impune nici o condiție specială de amplasare a mașinilor ;

— asigură evacuarea rapidă și aproape integrală a deșeurilor concomitent de la toate mașinile, precum și transportarea lor în orice direcție;

— reprezintă simplitate atît în construcție cît și în exploatare.

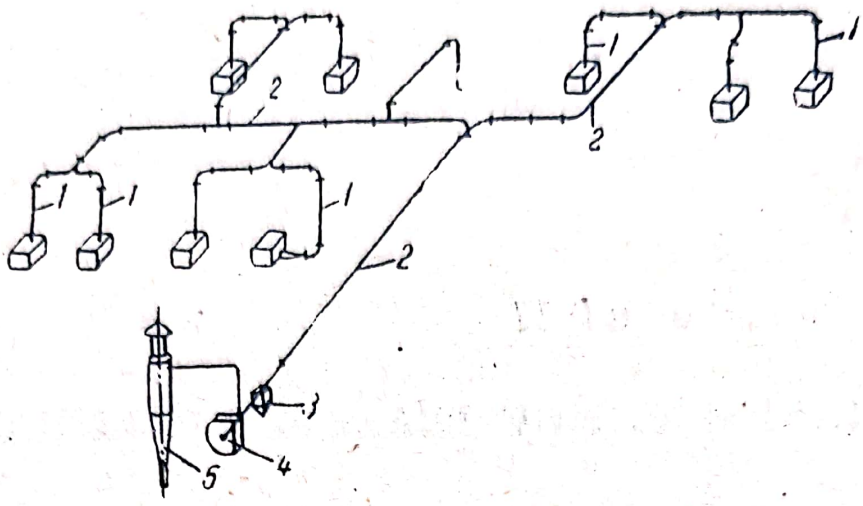


Fig. 11.1. Instalație de transport pneumatic arborescentă :
1 — aspirație de la mașini ; *2* — conductă principală ;
3 — separator de așchii ; *4* — ventilator ; *5* — ciclon.

Dezavantajul constă în faptul că, pe de o parte, conduc la un consum ridicat de energie electrică, iar pe de altă parte prezintă și o oarecare lipsă de elasticitate în exploatare, nepermițînd întotdeauna schimbarea locului mașinilor pentru introducerea unei tehnologii noi, nici înlocuirea mașinilor învechite cu altele moderne mai rapide, dar cu debit mai mare de deșeuri.

■ În raport cu conducta principală colectoare, instalațiile de transport pneumatic se pot împărți în :

— instalații de transport pneumatic avînd conducta principală cu secțiune variabilă, numite instalații arborescente (fig. 11.1). Aceste instalații reprezintă cel mai vechi sistem utilizat, principala deficiență fiind aceea că orice schimbare survenită în fluxul tehnologic al procesului industrial sau orice modernizare adusă mașinilor conduce la dezechilibrarea instalației, făcînd-o să nu mai funcționeze în bune condiții ;

— instalații de transport pneumatic cu puncte colectoare avînd conducta principală cu secțiune constantă (fig. 11.2). Într-o poziție centrală față de grupul de mașini se amplasează o piesă colectoare la care se racordează separat fiecare utilaj. Pe fiecare racord trebuie realizată aceeași pierdere de presiune. Acest sistem elimină deficiența instalațiilor arborescente, permițînd în anumite limite schimbarea amplasamentelor mașinilor existente și chiar introducerea de mașini noi. Instalațiile arborescente se utilizează acolo unde procesul tehnologic este stabil pe o perioadă de cel puțin 3—5 ani. Numărul de mașini care se pot racorda la o instalație este de maximum 30, cu un debit de maximum 40 000 m^3/h. La un punct colector se pot lega 7—12 mașini cu un debit maxim de 15 000 m^3/h ;

Scanned with OKEN Scanner

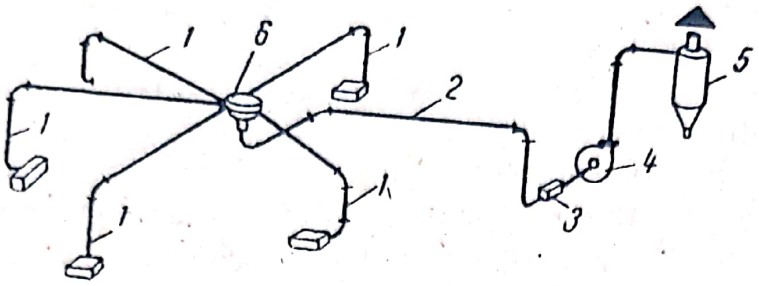


Fig. 11.2. Instalație de transport pneumatic cu puncte colectoare:

1 — aspirație de la mașini ; *2* — conductă principală ; *3* — separator de așchii ; *4* — ventilator ; *5* — ciclon ; *6* — punct colector.

— instalații cu transport indirect în care separatorul (ciclon sau filtru) este montat înaintea ventilatorului (fig. 11.3, *a*) sau în care materialul se introduce prin ejecție (fig. 11.3, *b*), utilizate ori de cîte ori trecerea materialului prin ventilator ar produce fie înfundarea acestuia (cazul cîrpelor, ierbii de mare, cîlților etc.) sau corodarea lui (cazul pul-

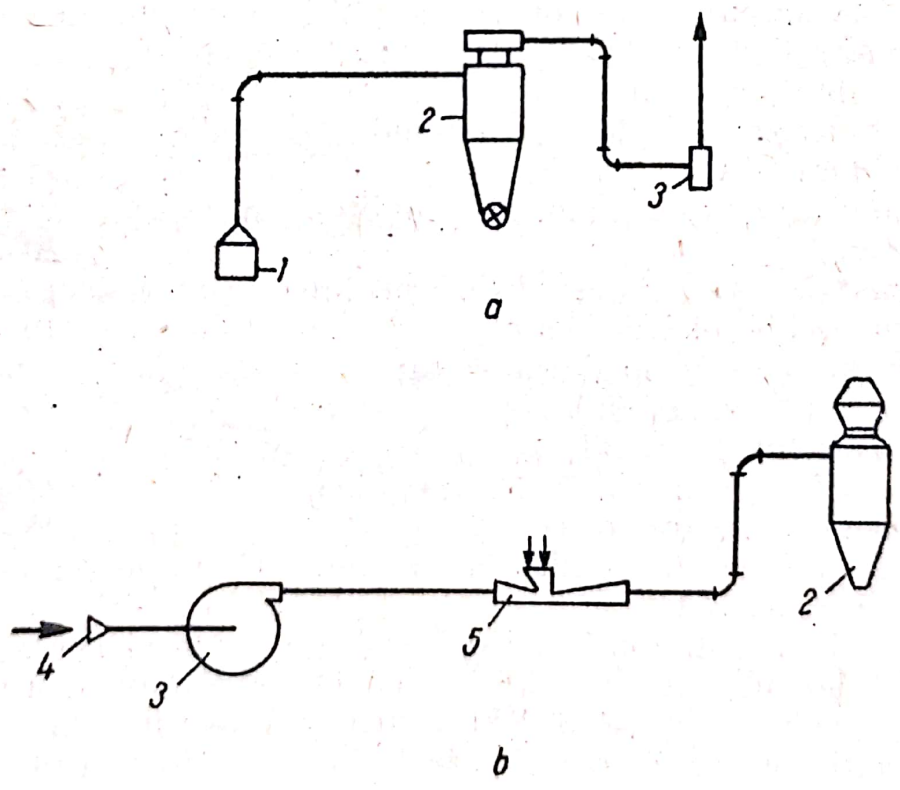


Fig. 11.3. Instalații cu transport indirect:

a — cu ciclon montat înaintea ventilatorului ; *b* — cu introducerea materialului prin ejecție ; *1* — utilaj cu dispozitiv de captare ; *2* — ciclon ; *3* — ventilator ; *4* — priză de aer ; *5* — ejector.

Scanned with OKEN Scanner

berilor abrazive), fie degradarea materialului transportat (cazul bețelor sau cutiilor de chibrituri).

Instalații mari de transport pneumatic pentru transportul rumegușului, talașului, prafului de lemn, atît în cadrul tehnologiei de fabricație cît și pentru protecția muncitorilor și evacuarea deșeurilor, s-au executat la marile combinate pentru industrializarea lemnului de la Blaj, Suceava, Pitești, Drobeta Turnu-Severin.

B. ELEMENTE DE CALCUL

Ideea transportului pneumatic s-a născut pornindu-se de la fenomenul natural de ridicare de la suprafața solului, de către vînt, a prafului, frunzelor, gunoaielor etc. și transportarea lor la o anumită distanță, în funcție de intensitatea vîntului.

La instalațiile de transport pneumatic, curentul natural de aer este înlocuit printr-un curent de aer creat artificial, cu ajutorul ventilatoarelor. În funcție de viteza curentului de aer, particulele antrenate se vor afla în aer în stare suspendată sau vor cădea. Viteza care asigură antrenarea particulelor este diferită, depinzînd de dimensiunile acestora, de masa specifică, de concentrația deșeurilor etc. Cele mai utilizate viteze sînt :

— pentru praf de lemn 15—16 m/s ;
— pentru rumeguș de lemn, cu umiditate medie (de la ferăstraie) 17—18 m/s :
— pentru rumeguș de lemn, cu umiditate mare (de la gatere) 20—21 m/s ;
— pentru talaș (de la mașini de rindeluit) 19—20 m/s ;
— pentru așchii mici de lemn 19—20 m/s ;
— pentru praf de nisip de la sablaj 18—20 m/s ;
— pentru praf de cărbune 20—23 m/s ;
— pentru așchii de metal 25—35 m/s ;
— pentru zdrențe, hîrtii, lînă, iută, cînepă 23—30 m/s ;
— pentru grîu, secară, ovăz 25—30 m/s.

Diametrele minime ale conductei sînt indicate, în general, de fabrica producătoare a utilajelor.

Cunoscînd diametrul conductei de aspirație și viteza necesară antrenării și transportului particulelor, se poate determina debitul de aer necesar a se aspira. Cunoscînd debitul, calculul unei instalații de transport pneumatic urmează aceeași cale ca în cazul instalațiilor de ventilare folosind aceiași coeficienți de rezistență locală la care se adaugă și coeficienții specifici instalațiilor de transport pneumatic, și anume : pentru cicloane $\zeta = 2{,}75$, pentru separatoare de așchii $\zeta = 0{,}8$, pentru guri de captare $\zeta = 1{,}0—2{,}0$.

Scanned with OKEN Scanner

C. PARTICULARITĂȚI CONSTRUCTIVE

Elementele principale ale unei instalații de transport pneumatic sînt: gurile de captare, canalele, ventilatoarele și separatoarele.

Gurile de captare au rolul de a capta la maximum deșeurile rezultate în procesul tehnologic, precum și de a crea și dirija amestecul optim de aer cu materialul transportat. Forma dispozitivelor de aspirație se adaptează modului de construcție al sculelor și mașinilor.

Gura de captare este astfel executată și amplasată încît particulele de deșeuri să fie aruncate cît mai direct în ea, limitîndu-se cît mai mult cu putință sursele de impurificare a aerului. De asemenea se asigură intrarea continuă a aerului în gura de captare, pentru a se putea realiza amestecul aer-deșeuri și a se asigura viteza de transport. Gura de captare este prevăzută cu un capac de vizitare și control.

Canalele. În instalațiile de transport pneumatic se folosesc numai canalele cu secțiune circulară, confecționate din tablă neagră vopsită în exterior cu miniu de aluminiu, zinc sau plumb. În transportul pneumatic frecările fiind mult mai mari, grosimea tablei din care se confecționează canalele este mai mare decît în cazul conductelor de aer, avînd următoarele valori, în funcție de diametru:

— pentru conducte cu diametru pînă la 400 mm, 1,0 mm;
— pentru conducte cu diametru de 500—800 mm, 1,25 mm;
— pentru conducte cu diametru mai mare de 800 mm, 1,50 mm.

Grosimile de tablă indicate sînt pentru tronsoane drepte. Coturile se execută din tablă cu o dimensiune mai mare.

Instalațiile de transport pneumatic se pot executa cu canalele montate sub tavan sau sub pardoseală.

■ Montarea conductelor sub tavan, suspendate prin tiranți și coliere de ferme, prezintă următoarele avantaje și dezavantaje:

— se pot monta în ateliere existente, cu mașini în funcțiune, fără a se întrerupe lucrul;
— permite accesul ușor la conducte, pentru curățire, control și reparații;
— necesită cheltuieli de investiții mai reduse, deoarece nu necesită canale pentru amplasarea conductelor de transport pneumatic;
— sînt inestetice și oferă o suprafață suplimentară pe care se depune praful;
— împiedică circulația personalului în jurul mașinilor și manipularea materialelor;
— conductele sînt expuse loviturilor.

Scanned with OKEN Scanner

Montarea conductelor sub pardoseală prezintă, de asemenea, o serie de avantaje, dar și unele dezavantaje :

— se realizează o instalație estetică, canalele nefiind expuse loviturilor ;

— conductele nu împiedică manipularea materialului și circulația în jurul mașinilor ;

— captarea se face mai direct ;

— necesită însă investiții suplimentare pentru canalele sub pardoseală, în care se amplasează conductele de transport pneumatic ;

— accesul la conducte este greu ;

— nu se poate executa acolo unde pînza de apă freactică este ridicată.

Conductele montate de-a lungul stîlpilor și pereților se vor susține prin console. Conductele suspendate de planșee, grinzi sau ferme se prind cu ajutorul tiranților. Coturile se execută cu o rază egală cu minimum două diametre. Ramificațiile se fac în unghiuri de 15°.

Ventilatoarele. Ventilatoarele utilizate pentru transportul pneumatic au rotoarele deschise, cu un număr de 6—8 palete drepte. Ventilatoarele pot fi cuplate direct cu motorul prin cuple elastice sau prin curele. Presiunea acestor ventilatoare este între 100—140 daN/m^2.

Separatoarele. Aerul încărcat cu particule rezultate din procesul de prelucrare și aspirat de instalația de transport pneumatic trebuie obligatoriu curățat înainte de a fi evacuat în atmosferă.

Tipul de separator se alege în funcție de natura materialului ce urmează a fi separat (rumeguș, așchii, talaș, praf), de gradul de desprăfuire propus și de scopul în care urmează să fie utilizat materialul rezultat din separare.

Cele mai utilizate în transportul pneumatic sînt cicloanele pentru particulele mari (rumeguș, așchii, talaș) și separatoarele cu inerție, cuplate cu filtre cu saci pentru particule fine, sub formă de praf (v. fig. 10.11).

Deoarece cu același separator nu poate fi separat și praful și particulele mai mari, se prevăd instalații pentru absorbția prafului separat de cele pentru rumeguș, așchii și talaș.

Elemente accesorii instalațiilor de transport pneumatic. *Gura de aspirație la pardoseală* (fig. 11.4) este o gură montată la nivelul pardoselii, care aspiră deșeurile măturate de pe aceasta ; se prevede cîte una în fiecare secție.

Separatoarele de așchii (fig. 11.5), montate la intrarea în ventilator, au rolul de a capta bucățile mari de lemn, care l-ar putea deteriora.

Gurile de vizitare și control se montează la fiecare ramificație, iar pe porțiunile drepte din 15 în 15 m.

Scanned with OKEN Scanner

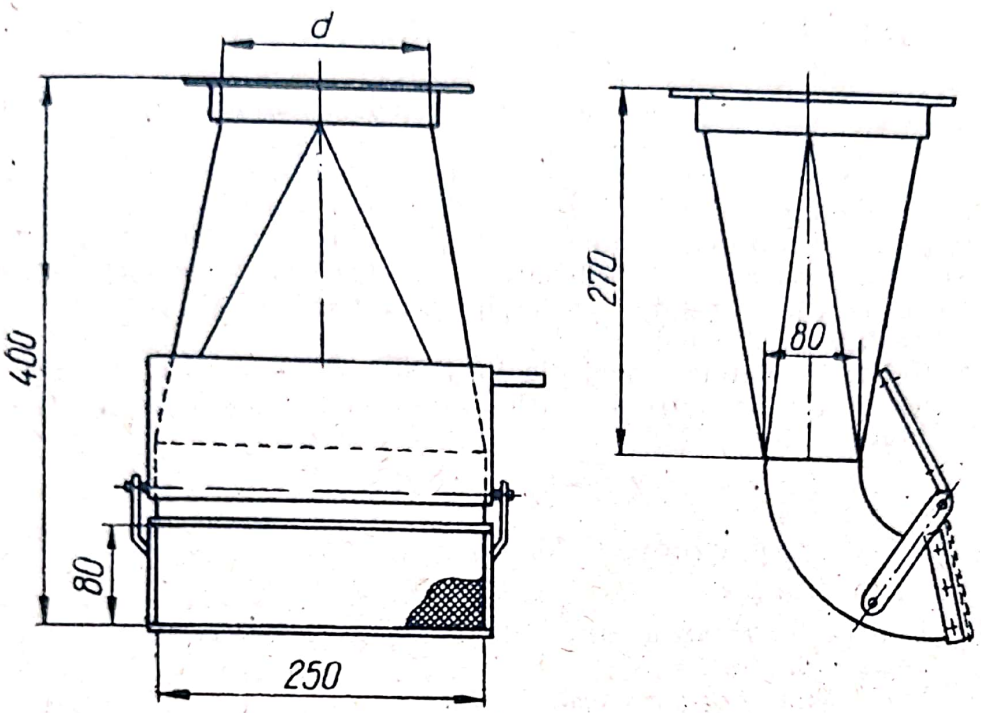


Fig. 11.4. Gură de aspirație la pardoseală.

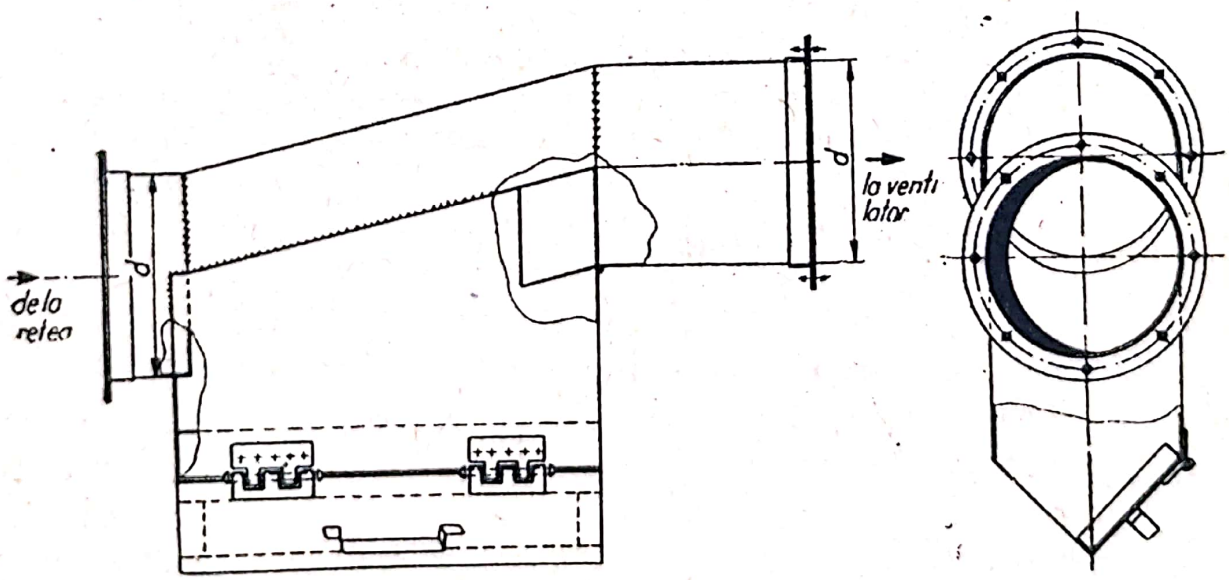


Fig. 11.5. Separator de așchii.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicație

Să se arate cum trebuie executată o instalație de transport pneumatic într-o secție de tîmplărie la o fabrică de mobilă.

Rezolvare. În execuția instalației trebuie să se urmărească respectarea cu strictețe a planurilor de execuție. Să se dea o atenție deosebită respectării dimensiunilor canalelor de aer pentru asigurarea debitelor de aer, stabilite de proiectant, atît ca secțiune cît și ca lungime, etanșării îmbinărilor tronsoanelor drepte între ele, a pieselor și a racordărilor la mașini, pentru a nu aspira prin neetanșeități aer suplimentar care ar duce la dereglarea instalației.

Canalele trebuie executate numai din tablă neagră vopsită la exterior.

Pentru orice nepotrivire între planurile instalației și situația de pe teren se va chema proiectantul.

Verificarea cunoștințelor

11.1. *Viteza de antrenare a particulelor transportate depinde de :*
a) *dimensiunea lor ;*
b) *de masa specifică a materialului ;*
c) *de dimensiunea lor, masa specifică, concentrația deșeurilor ?*

11.2. *Canalele în cazul instalațiilor pneumatice se execută din :*
a) *tablă zincată, cu secțiune pătrată ;*
b) *zidărie de cărămidă, cu secțiune pătrată ;*
c) *tablă neagră, cu secțiune rotundă ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 12

EXECUTAREA ȘI MONTAREA ELEMENTELOR COMPONENTE ALE INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI DE CONDIȚIONARE A AERULUI

A. CANALE DE AER ȘI PIESE SPECIALE

Pentru transportul aerului în instalațiile de ventilare și de condiționare se folosesc canalele (conductele) de aer. Secțiunea acestor canale de aer poate avea următoarele forme: circulară, pătrată sau dreptunghiulară, iar în unele cazuri speciale, cînd situația locală o cere, alte forme geometrice.

Forma canalelor se alege în funcție de gradul de estetică necesar, de spațiul disponibil, de posibilitatea înglobării lor în structura clădirii, de prezența particulelor transportate de aer, de considerații economice etc.

Canalele de aer se pot executa din diferite materiale, alegerea acestora făcîndu-se în funcție de condițiile de exploatare, montaj, estetică, particularități ale construcției în care sînt montate, cost etc. Ele trebuie să îndeplinească în general următoarele condiții: să fie ușoare, durabile, nehigroscopice, ignifuge, rezistente la coroziune, netede în interior, etanșe, ușor de curățat și de întreținut, ieftine și ușor de executat.

Materialele din care se pot executa canelele de aer sînt următoarele: cărămidă, beton, beton de zgură, plăci de ipsos, rabiț, azbociment, lemn, materiale ceramice, materiale plastice și în special tablă de oțel (neagră sau zincată). În cazuri speciale se mai pot confecționa canale de aer din sticlă armată, tablă din metale neferoase (aluminiu, cupru etc.), oțel inoxidabil, plăci din fibre minerale etc.

Scanned with OKEN Scanner

1. CANALE DIN ZIDĂRIE DE CĂRĂMIDĂ

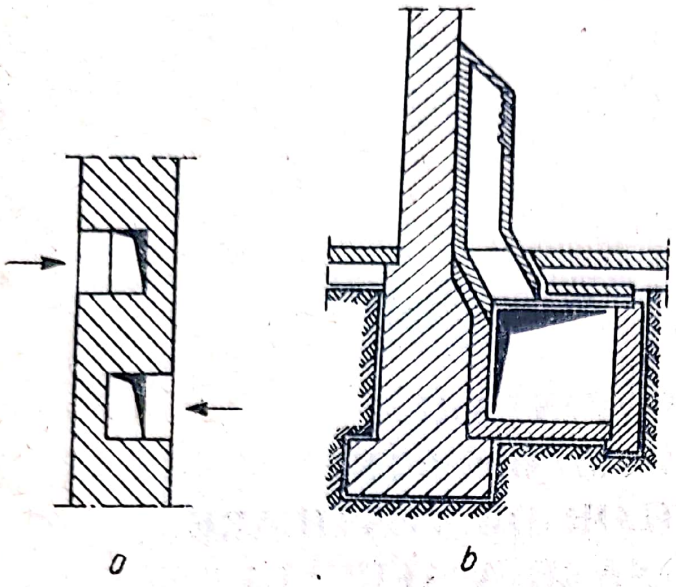


Fig. 12.1. Canale de aer din zidărie de cărămidă :
a — înglobate în pereţi ; *b* — subterane.

Din considerente constructive, canalele de aer din zidărie de cărămidă se execută cu secţiuni dreptunghiulare sau pătrate (fig. 12.1).

■ Aceste canale au dimensiuni mici, sînt înglobate în pereţii despărţitori ai construcţiilor şi sînt formate din şanţuri în zid, tencuite sau nu în interior, şi acoperite fie tot cu zidărie de cărămidă, fie cu plăci din ipsos sau din alte materiale.

În general nu se recomandă acoperirea lor cu simplă tencuială pe rabiţ, deoarece pe parcursul exploatării apar fisuri în tencuială, ca urmare a uscării inegale a acesteia avînd drept urmare lipsa de etanşeitate.

■ Zidăria de cărămidă se foloseşte şi pentru canale, în general subterane, de dimensiuni mari. La acestea pereţii se execută din zidărie de cărămidă pe un radier de beton şi acoperite cu beton armat monolit sau prefabricat. Pentru reducerea pierderilor de presiune prin frecare, canalele se tencuiesc în interior cu mortar de ciment. Aceste canale au dimensiuni care să permită vizitarea şi curăţarea lor ; laturile sînt egale cu cel puţin 0,5 m. Canalele au o pantă longitudinală de cel puţin 1 % spre locurile de evacuare a apei care ar rezulta, eventual, prin condensare.

Canalele din zidărie se pot utiliza pentru vehicularea aerului încărcat cu gaze sau vapori corosivi numai dacă se prevede protejarea suprafeţelor interioare prin cărămizi antiacide, plăci ceramice etc.

Valoarea temperaturii aerului vehiculat prin aceste canale ca şi variaţiile acesteia se admit în limite care să nu conducă la deteriorări şi la reducerea duratei de funcţionare a acestora. La temperaturi ridicate se admit, cu condiţia să fie căptuşite în interior cu cărămizi refractare.

Din zidărie se execută, de asemenea, camere de presiune şi compartimente din cadrul centralelor de ventilare şi de condiţionare a aerului.

Scanned with OKEN Scanner

2. CANALE DIN BETON

Canalele din beton se pot executa din beton simplu, beton armat (monolit sau prefabricat), plăci din beton de zgură etc. în cazurile și în condițiile indicate pentru canalele din zidărie de cărămidă.

Se folosesc pentru canale sub pardoseală sau canale înglobate în construcții sub formă de canale realizate prin structuri de rezistență sau de arhitectură amenajate special pentru a permite vehicularea aerului (grinzi — canal, stîlpi cu gol interior, camere de presiune între planșee, canale în grosimea elementelor de construcție etc.).

Canalele din beton, ca și cele din zidărie, se mai utilizează și pentru adăpostirea, în cazul montării sub pardoseală, a canalelor executate din alte materiale (tablă metalică, materiale plastice).

3. CANALE DIN MATERIALE PLASTICE

Pentru instalațiile de ventilare în care aerul vehiculat prin canale este încărcat cu gaze sau vapori corosivi se recomandă confecționarea acestora din materiale plastice. De asemenea este indicată utilizarea acestor materiale și pentru confecționarea canalelor montate în medii agresive.

Aceste canale sînt rezistente la acțiuni chimice (acizi, detergenți, uleiuri, degresanți alcalini, organici și minerali etc.), iar confecționarea lor nu prezintă dificultăți deosebite.

Pentru secțiuni mici de conductă se pot utiliza chiar țevi din material plastic (PCV).

Pentru secțiuni mai mari, canalele se confecționează din plăci. În funcție de diametrul sau latura mare a canalului se alege grosimea plăcii de material plastic (în mod uzual între 3 și 6 mm).

Canalele de secțiune circulară se confecționează numai din plăci de PCV care se pot rolui.

Canalele de secțiune rectangulară se pot confecționa din plăci de ABS (care nu se pot rolui) și bineînțeles din plăci PCV

Plăcile din materiale plastice folosite pentru confecționarea canalelor de aer se lipesc între ele pe suprafețele de contact cu adezivi sau se îmbină cu sudură. Aceasta se realizează cu ajutorul aerului cald, cu suflaiuri electrice, folosind ca material de adaos vergele din același material cu plăcile.

Folosirea canalelor din materiale plastice este limitată de temperatura aerului vehiculat, în general sub 60°C.

Pentru canalele care se montează în medii agresive se impun măsuri speciale pentru etanșarea îmbinărilor.

Scanned with OKEN Scanner

■ Elementele canalelor din materiale plastice (tronsoane drepte și piese speciale) se îmbină între ele prin îmbinări fixe (nedemontabile sau prin îmbinări care să permită demontarea.

— Îmbinările demontabile se realizează, similar canalelor din tablă, prin flanșe între care se intercalează garnituri de etanșare din cauciuc moale sau bandă de burete din material plastic, strîngerea flanșelor făcîndu-se cu șuruburi cu piuliță.

Flanșele se execută din același material cu peretele canalului sau din profiluri de oțel.

— Îmbinările nedemontabile se execută prin sudură cap la cap sau prin mufare sudată.

În general, elementele canalelor din materiale plastice — tronsoane drepte și piese de racordare — se execută în atelier, îmbinîndu-se la montaj.

Elementele asamblate se suspendă de elementele construcției sau sînt susținute prin dispozitive care să permită deplasarea lor liberă în timpul contracției și dilatării.

Pentru a se evita deformarea canalelor din materiale plastice sub efectul temperaturii, chiar sub valori care limitează utilizarea lor, se iau măsuri speciale la suspendare (jgheaburi metalice sau de lemn) sau se confecționează canalele cu grosimi de perete mai mare, fapt ce afectează costul de investiție.

De asemenea este necesar ca pe sectoarele drepte cu lungimi mari să se realizeze dispozitive pentru compensarea dilatației.

4. CANALE DIN TABLĂ

Materialul care satisface în cea mai mare măsură condițiile cerute canalelor de aer este tabla de oțel, sub formă de tablă zincată sau tablă neagră.

Pentru canale montate în medii curate și care vehiculează aer curat se folosește în general tabla zincată.

Pentru canale de aer în interiorul cărora se vehiculează aer încărcat cu particule solide în suspensie se folosește tabla neagră. Tot din tablă neagră se execută și canalele în care circulă aer cu temperaturi de peste 100°C.

Instalațiile de ventilare industriale, cu excepția celor în care este pericol de condensare a vaporilor de apă din aer pe pereții canalelor, se execută din tablă neagră.

Tabla din oțel inoxidabil și tabla de aluminiu se folosesc numai în cazul vehiculării aerului încărcat cu gaze sau vapori corosivi.

Grosimile tablei (tablă zincată, tablă neagră, oțel inoxidabil și tablă de aluminiu) pentru canale care vehiculează aer curat sau încărcat

Scanned with OKEN Scanner

cu gaze, vapori sau fum se aleg între 0,50 și 1,50 mm, în funcție de diametrul sau latura mare a secțiunii canalului și presiunea din instalație.

Grosimile de tablă pentru canalele de aer cu particule solide în suspensie se aleg între 0,75 mm și 2,00 mm, în funcție de diametrul canalului, de natura materialelor transportate (abrazive sau neabrazive) și de concentrația acestora. Pentru piesele speciale, cu schimbare de direcție (coturi, curbe, etaje etc.), tabla se alege cu o grosime cu o treaptă în plus față de grosimea tablei pentru tronsoane drepte.

Canalele din tablă zincată montate în medii curate și care vehiculează aer curat se vopsesc la exterior numai în cazuri cerute de condiții de estetică. Canalele montate în medii agresive vor fi acoperite la exterior cu vopsea de protecție. În celelalte cazuri canalele din tablă zincată nu vor fi vopsite.

Canalele din tablă neagră se vopsesc în toate cazurile.

La folosirea tablei negre, înainte de prelucrare, aceasta trebuie să fie vopsită pe ambele fețe cu miniu de plumb, dîndu-se o atenție deosebită suprafețelor din care urmează a fi formate falțurile sau care urmează să se suprapună în cazul îmbinării cu nituri.

La executarea canalelor prin sudare, foile de tablă nu se grunduiesc anterior.

În cazul vehiculării aerului cu conținut de vapori sau gaze acide, cu concentrație mai redusă, se poate folosi tabla neagră protejată corespunzător (vopsită cu soluție de bitum sau cu lacuri speciale anticorosive).

Dacă starea aerului vehiculat în interiorul canalelor din tablă este afectată defavorabil de temperatura mediului, canalele vor fi izolate termic, asigurîndu-se astfel menținerea temperaturii aerului vehiculat în interiorul canalelor și împiedicînd condensarea vaporilor pe pereții canalelor. Izolarea termică a canalelor se realizează cu materiale necombustibile, neputrescibile și care își păstrează nealterate în timp proprietățile izolante.

Canalele de aer din tablă se execută cu secțiune rectangulară sau circulară.

Pentru vehicularea aerului încărcat cu particule solide se folosesc în exclusivitate canale cu secțiune circulară. Această formă se recomandă la toate tipurile de instalații de aspirație din clădirile industriale, la toate conductele de evacuare a aerului viciat, precum și la conductele de admisie a aerului proaspăt, cuprinse între priza de aer și gura de aspirație a ventilatorului.

La canalele cu secțiune rectangulară raportul laturilor este recomandabil să nu depășească valoarea de 4 : 1, evitîndu-se adoptarea unor rapoarte mai mari de 8 : 1.

Canalele de aer confecționate din tablă de oțel se fac la dimensiuni tipizate, stabilite prin acte normative, astfel încît să se obțină rezul-

Scanned with OKEN Scanner

tatele funcționale dorite, cu maximum de economie de energie, materiale și spațiu.

Canalele de aer din tablă se compun din tronsoane drepte și piese speciale. Piesele speciale servesc pentru schimbări de direcție; schimbări de secțiune, ramificații, racordări cu elementele accesorii ale instalațiilor.

■ La confecționarea canalelor de aer îmbinările longitudinale ale tablelor din oțel și aluminiu se realizează în următoarele moduri :

— prin falțuri, pentru tablele din oțel negre și zincate cu grosimi pînă la 1,25 mm inclusiv ;

— prin sudură cu flacără fără material de adaos pentru table negre cu grosimea mai mare de 1,5 mm ;

— prin nituire, pentru table zincate ale căror grosimi nu permit îmbinarea prin falț, precum și pentru table din oțel inoxidabil (cu folosirea niturilor din oțel carbon) sau pentru table din aluminiu (cu folosirea niturilor din aluminiu).

Falțurile longitudinale pentru asamblarea foilor de tablă se execută în felul următor :

— falțuri duble, pentru grosimi ale tablelor pînă la 0,75 mm inclusiv ;

— falțuri simple, pentru grosimi de 1 mm și mai mare ;

— falțuri de colț, pentru grosimi pînă la 0,75 mm inclusiv, la încheierea canalelor cu secțiune rectangulară ;

— falțuri combinate constînd din falțuri duble sau simple întărite cu nituri sau cu sudură pentru formarea canalelor cu latura mai mare de 1 m ; în cazul sudării prin puncte acestea se dispun alternant pe două șiruri, pasul dintre două puncte consecutive ale aceluiași șir fiind de 10 mm, iar distanța dintre șiruri de 7 mm.

Falțurile simple sau duble se execută bine etanșate, presate uniform și fără ondulații. Pentru a se asigura o suprafață interioară netedă, falțurile se presează numai către exterior.

Pentru executarea falțurilor simple la croirea tablelor se lasă margini cu lățimi de 17 mm pe o latură și 8 mm pe cealaltă latură. Pentru falțurile duble aceste lățimi sînt de 28 mm și, respectiv, 15 mm.

— Îmbinările longitudinale prin sudură cu flacără se realizează prin îndoirea în plan perpendicular a muchiilor foilor de tablă care se asamblează, pe o înălțime egală cu de trei ori grosimea tablelor și prin topirea muchiilor astfel îndoite, fără material de adaos. Lățimea cordonului de sudură realizat în aceste condiții nu va depăși de două ori grosimea tablelor asamblate.

Tronsoanele fixe se confecționează în funcție de perimetrul secțiunii, pe lungimea sau lățimea foii de tablă, cu condiția celei mai bune utilizări a suprafeței acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

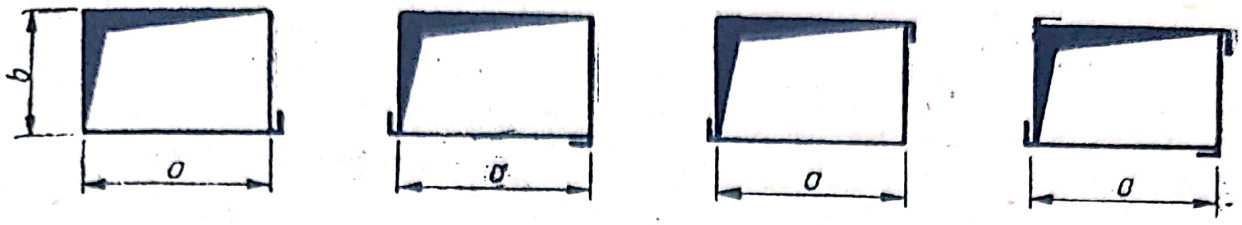


Fig. 12.2. Îmbinarea longitudinală a canalelor cu secțiune rectangulară.

Lungimea tronsoanelor drepte se stabilește în funcție de dimensiunile foilor de tablă, de condițiile de transport și de montaj, urmărindu-se realizarea unor tronsoane cu lungimea maximă posibilă.

La executarea tronsoanelor drepte cu secțiune rectangulară (în funcție de dimensiunile laturilor secțiunii și de modul de confecționare, pe lungime sau pe lățime), îmbinarea longitudinală se execută cu un singur falț de colț, cu două falțuri de colț dispuse la ambele capete ale laturii mari, cu două falțuri de colț dispuse în diagonală sau cu patru falțuri de colț, cîte unul la fiecare muchie (fig. 12.2).

Executarea canalelor începe cu întocmirea „hărții", cu lungimea și lățimea necesară pentru trasarea piesei respective. În funcție de dimensiunile canalului una sau mai multe table legate între ele prin încheieturi cu falțuri formează o hartă. Aceasta trebuie să aibă mărime suficientă ca să permită trasarea desfășurată a piesei ce trebuie confecționată, inclusiv lățimile necesare pentru falțuri (fig. 12.3 și 12.4).

Hărțile se întocmesc astfel încît din operația de tăiere să rezulte cît mai puține resturi, iar numărul de încheieturi prin falț să fie cît mai mic.

■ Îmbinările transversale pentru asamblarea cap la cap a tronsoanelor drepte și a pieselor speciale se realizează prin : *falțuri, eclise mobile* sau *flanșe*.

— Îmbinările transversale prin falțuri se admit numai în cazurile în care pot fi realizate prin mijloace mecanizate și cînd există asigurate mijloace de susținere :

— a tubulaturii orizontale, astfel încît între două îmbinări transversale consecutive să se găsească cel puțin un punct de reazem sau de suspendare ;

— a tubulaturii verticale, astfel încît, prin modul de montare, îmbinarea transversală să nu fie solicitată la nici un efort.

Falțurile pentru îmbinările transversale se execută simplu, culcate, la orice grosime de tablă.

La canalele cu diametrul sau latura mare de peste 500 mm, falțurile se întăresc cu nituri sau puncte de sudură electrică situate la distanțe de 250 mm.

Scanned with OKEN Scanner

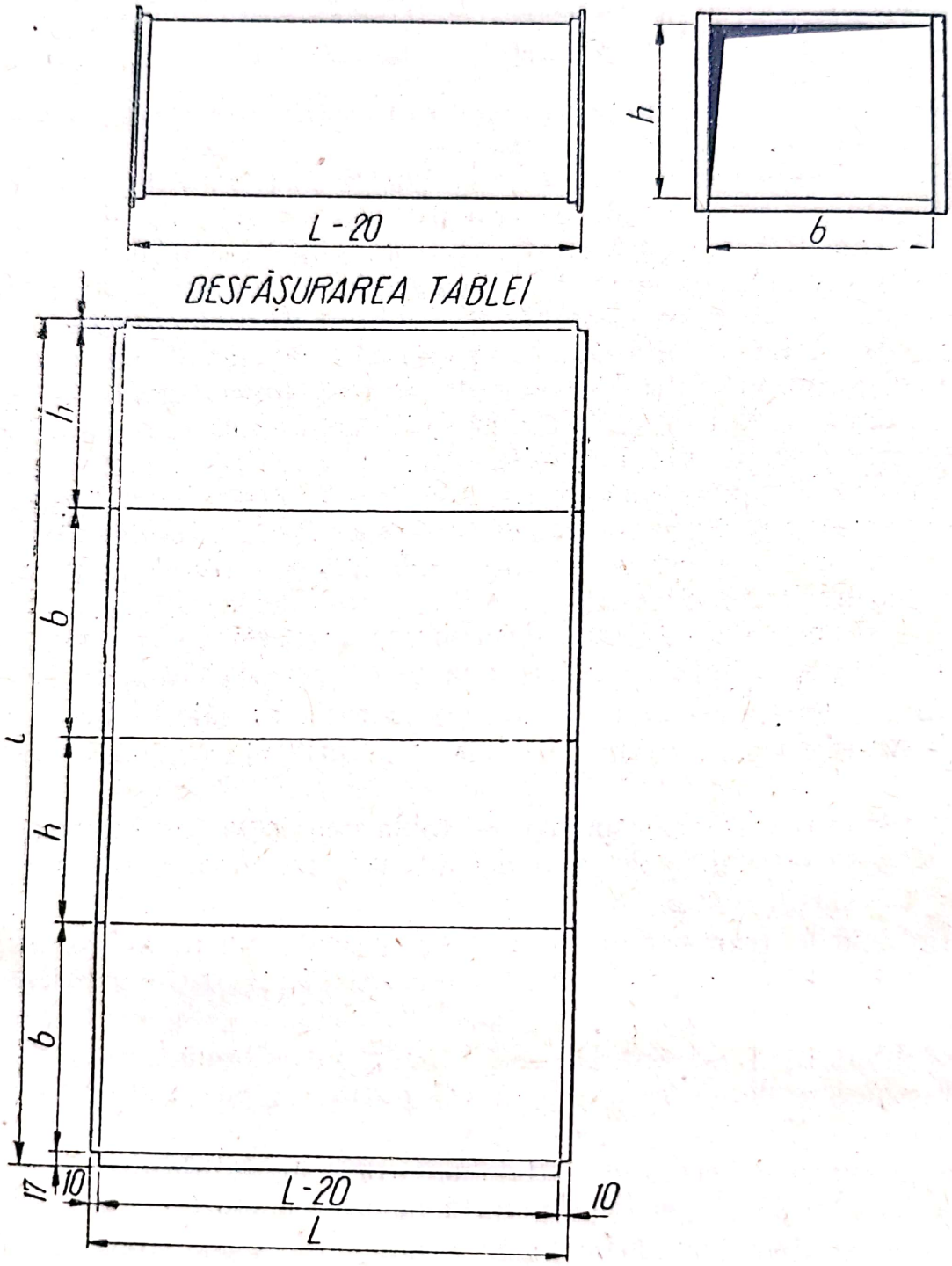


Fig. 12.3. Tronson drept cu secțiune rectangulară.

Scanned with OKEN Scanner

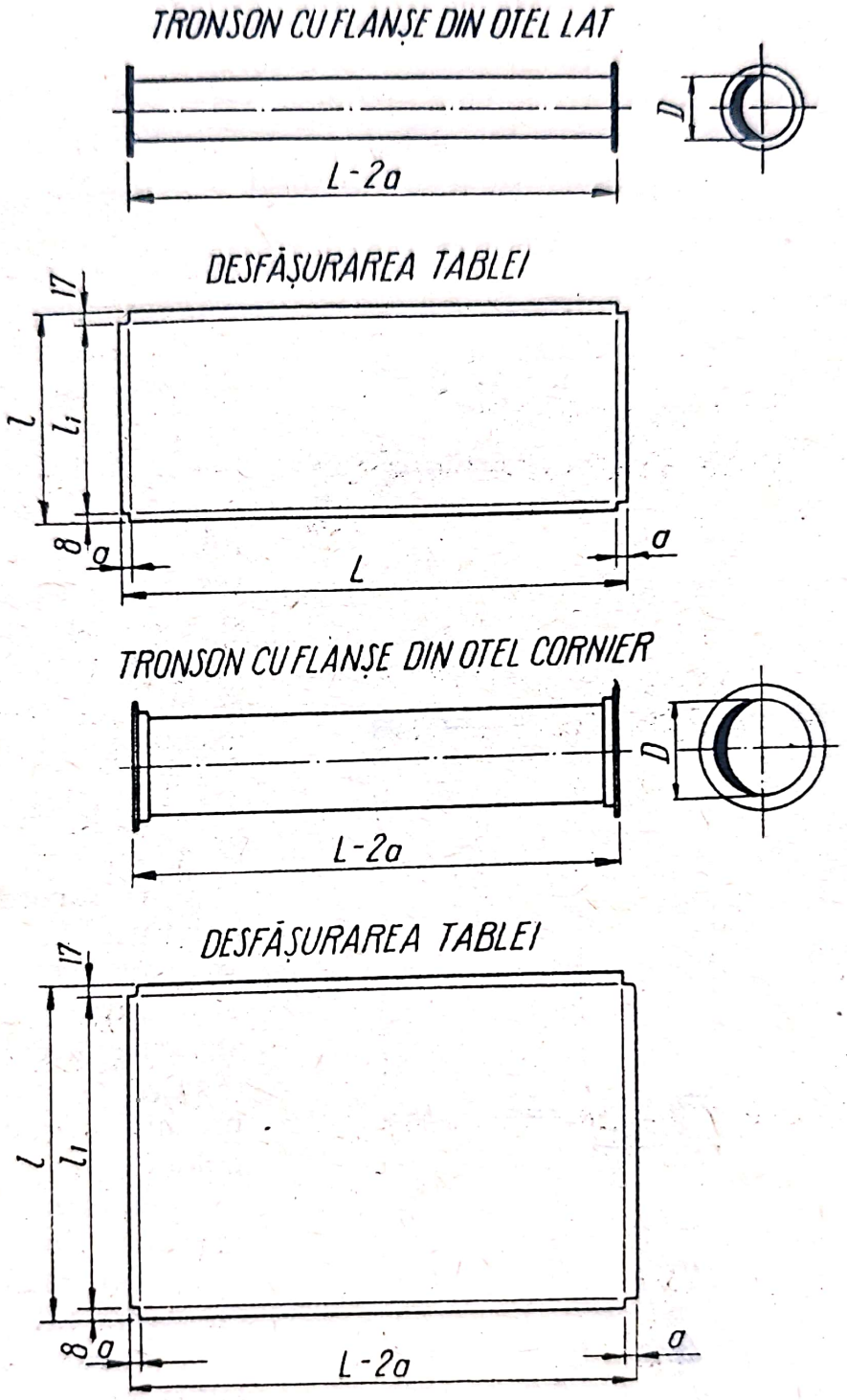


Fig. 12.4. Tronson drept cu secțiune circulară.

Scanned with OKEN Scanner

Îmbinările transversale prin falțuri se presează către exterior astfel încît suprafața interioară a canalului să fie cît mai netedă.

Cînd aerul vehiculat în interiorul canalelor orizontale conține vapori care se pot condensa, partea inferioară a îmbinării prin falțuri se etanșează la exterior prin lipire cu aliaj de cositor.

— Îmbinările transversale cu eclise mobile se aplică la tubulatura de ventilare executată din tablă neagră sau zincată, cu secțiune rectangulară avînd latura mare pînă la 600 mm (fig. 12.5).

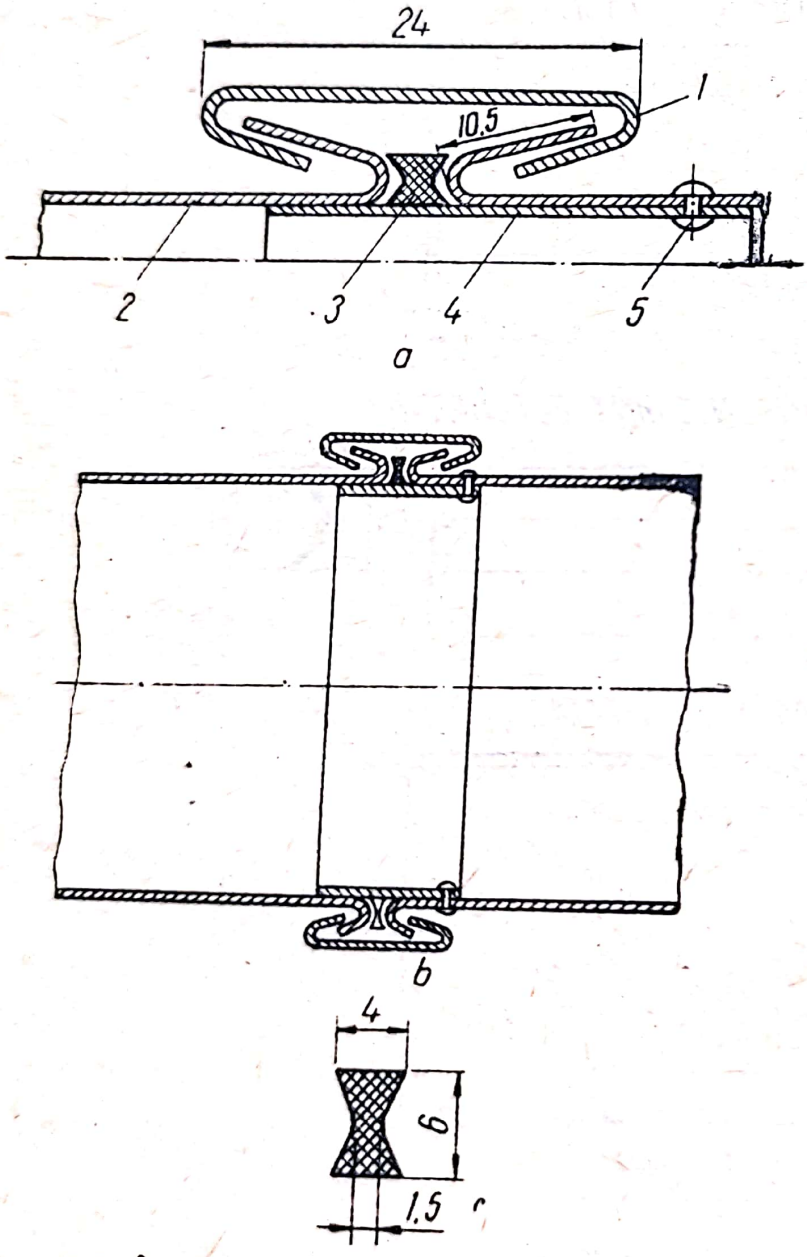


Fig. 12.5. Îmbinarea tronsoanelor cu eclise mobile: *a* — detaliu de îmbinare cu eclisă; *b* — vedere de ansamblu a îmbinării; *c* — garnitură. *1* — eclisă *2* — peretele canalului; *3* — garnitură; *4* — peretele suportului; *5* — nit.

Îmbinarea cu eclise mobile se recomandă la confecționarea tubulaturii în ateliere cu dotare corespunzătoare (mașini cu role pentru executarea falțurilor sau abkant).

Această îmbinare se folosește pentru asamblarea tronsoanelor drepte și pieselor speciale ale tuturor tipurilor de instalații de ventilare, cu excepția următoarelor cazuri:

— la îmbinări supuse la solicitări mecanice;

— la racordarea tubulaturii la mașini și aparate de ventilare (baterii, filtre, ventilatoare, agregate de condiționare, organe de reglaj etc.), precum și la utilaje tehnologice;

— la instalații de desprăfuire în care aerul vehiculat este încărcat cu scame, talaș etc.;

— la tubulaturile parcurse de aerul cald cu temperatură mai mare de 70°C.

Tubulaturile îmbinate cu falțuri sau cu eclise

Scanned with OKEN Scanner

mobile trebuie să aibă din loc în loc și îmbinări cu flanșe, pentru posibilități de demontare.

— Îmbinările cu flanșe se folosesc în cazurile cînd trebuie realizate condiții de rigiditate, etanșeitate și demontabilitate a tubulaturii de aer, precum și pentru canale cu diametrul sau latura mare mai mare de 600 mm.

Flanșele se execută din oțel cornier (fig. 12.6) sau din oțel lat, fiind prevăzute cu garnituri.

Flanșele se fixează pe canale prin puncte de sudură sau nituri așezate la distanța de 100 mm unul de altul.

Pentru realizarea etanșeității între canal și ramă, capătul canalului, pe o înălțime pînă sub găurile pentru șurub din flanșe, trebuie borduit prin batere cu ciocanul de lemn, astfel încît să fie perfect plan și să poată strînge bine garnitura.

Diametrul interior, respectiv dimensiunile interioare ale laturilor flanșei se fac cu 2 mm mai mari decît dimensiunile exterioare ale canalului de aer.

Pentru realizarea etanșeității între tronsoanele canalelor se folosesc în mod obișnuit garnituri de carton bitumat de 5 mm grosime, după care, prin montarea în poziție a canalului și strîngerea șuruburilor, se aplică peste întreaga îmbinare 1—2 straturi de miniu de plumb.

Pentru presiuni mari se folosesc garnituri de cauciuc, iar pentru aer cu temperaturi ridicate se montează garnituri de clingherit sau azbest.

Toate piulițele șuruburilor se dispun pe aceeași parte a îmbinării cu flanșe, iar la canalele montate vertical piulițele se dispun pe partea inferioară a îmbinării.

Flanșele se montează pe canalul de aer astfel încît planul lor să fie perpendicular pe axa canalului.

Garniturile dintre flanșe se taie și se montează astfel încît marginile lor să nu pătrundă în interiorul canalului de aer.

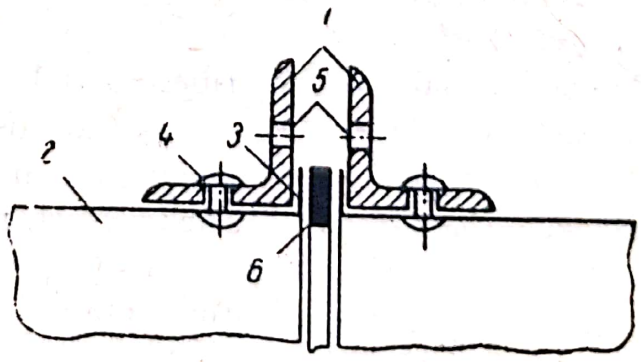


Fig. 12.6. Îmbinare cu flanșe : *1* — flanșe ; *2* — canal din tablă ; *3* — borduire ; *4* — nit ; *5* — găuri pentru șurub ; *6* — garnitură de etanșare.

Scanned with OKEN Scanner

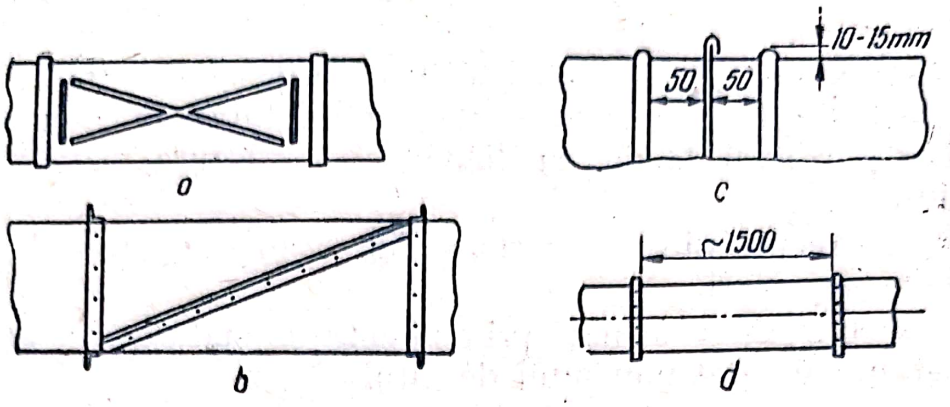


Fig. 12.7. Rigidizarea canalelor de aer :
a — prin nervuri la secțiuni rectangulare ; *b* — prin întăriturii din oțel cornier la secțiuni rectangulare ; *c* — prin inele la secțiuni circulare ; *d* — prin întăriturii circulare.

Pentru evitarea deformării lor, canalele de aer de dimensiuni mai mari se rigidizează (fig. 12.7).

Falțurile de colț asigură și ele o rigiditate a canalului de aer, motiv pentru care la cele longitudinale nu se așază în prelungire, ci alternativ.

Tronsoanele drepte se rigidizează în funcție de formă și dimensiunile secțiunii, prin rame montate pe perimetrul canalelor, la exterior, și executate în general prin profiluri metalice fixate prin nituire.

Îmbinările transversale prin flanșe se consideră și ele ca elemente de rigidizare.

Piesele speciale (curbe, piese cu schimbare de secțiune, ramificații etc.) nu se rigidizează.

5. PIESE SPECIALE

Piesele speciale confecționate din tablă se folosesc în instalațiile de ventilare ca elemente de legătură între tronsoanele canalelor de aer și între acestea și aparatele și elementele accesorii ale instalațiilor de ventilare.

Piesele speciale se construiesc astfel încît rezistența pe care o opun și perturbarea curgerii aerului pe care o provoacă să fie minime.

După rolul pe care îl îndeplinesc în ansamblul traseelor canalelor de aer și după forma lor constructivă, piesele speciale formează o gamă foarte variată de subansambluri. Piesele speciale se pot clasifica în următoarele categorii : coturi, etaje, reducții, ramificații, bifurcații, trifurcații.

Scanned with OKEN Scanner

Confecționarea pieselor speciale este similară celei indicate pentru tronsoanele drepte, cu dificultăți mai mari la trasarea și croirea tablelor unde este necesar a se construi desfășurata diferitelor elemente ale pieselor (pereți laterali, pereți superiori și inferiori, segmente etc.).

Încheieturile tablelor la piesele speciale se execută, în general, cu falțuri, iar uneori, în cazuri deosebite, cu eclise.

Îmbinarea cap la cap a pieselor speciale cu tronsoanele drepte și cu celelalte elemente ale instalațiilor se execută la fel ca la tronsoanele drepte, în special însă cu flanșe.

■ Coturile sînt piese speciale folosite pentru schimbarea direcției canalelor de aer.

Coturile pot fi: cu secțiune circulară, cu secțiune rectangulară, cu palete.

Cotul cu secțiune circulară (fig. 12.8) este piesa de legătură pentru schimbarea direcției canalelor de aer circulare.

Aceste coturi se confecționează din segmente combinate cu un arc maxim de 15° în funcție de unghiul dintre planurile flanșelor.

Axa curbei se face cu o rază de curbură între (1...3) D (D fiind diametrul canalului). La instalațiile care vehiculează aer fără suspensii solide se preferă raza de curbură de 1,5 D, la cele care transportă aer încărcat cu particule de material pulverulent sau granular se preferă raza de curbură de 2 D, iar la cele care transportă aer încărcat cu așchii mari, șpan, talaș, fibre lungi și alte materiale similare se preferă raza de curbură de 3 D.

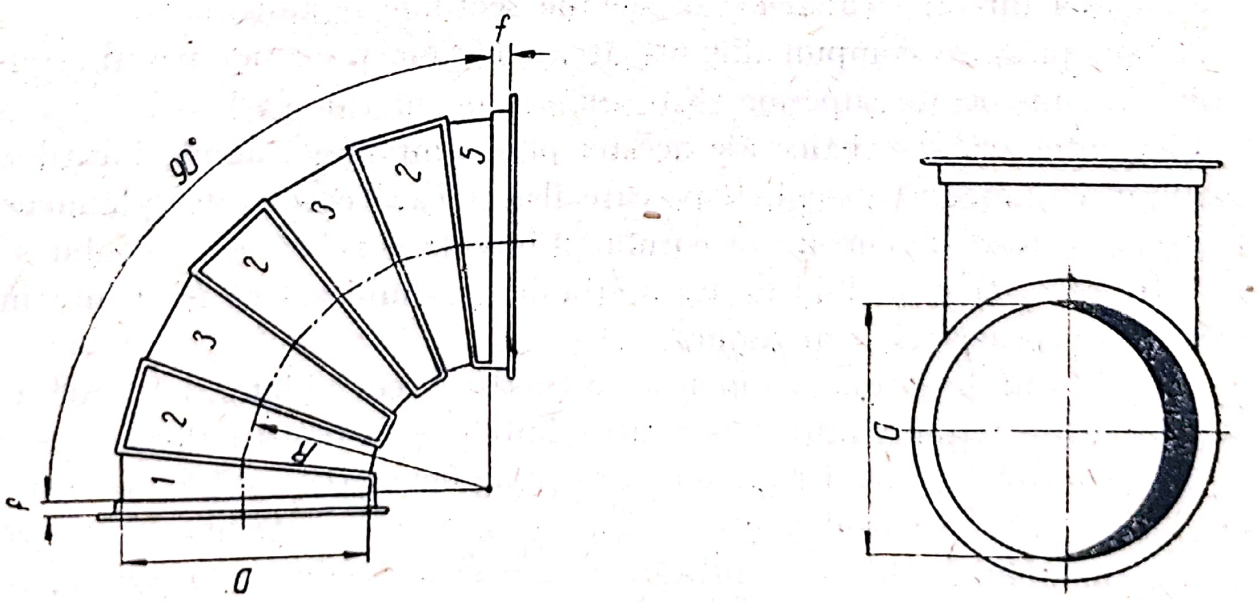


Fig. 12.8. Cot cu secțiune circulară.

Scanned with OKEN Scanner

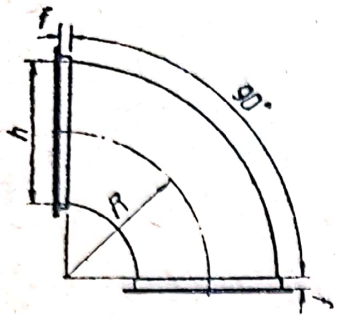
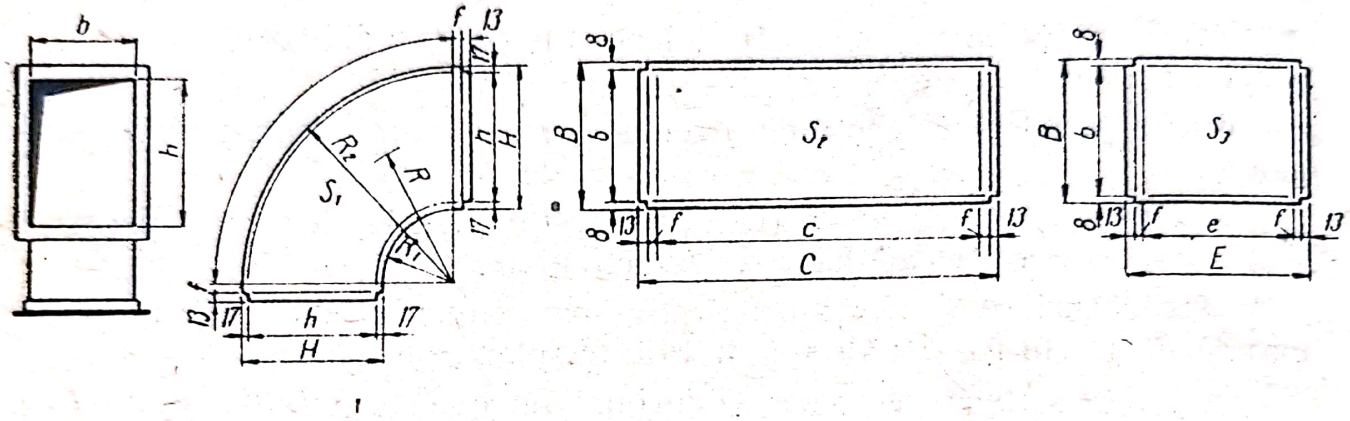


Fig. 12.9. Cot cu secțiune rectangulară.



Segmenții din care se confecționează coturile cu secțiune circulară se croiesc cu ajutorul unor șabloane, încheindu-se între ei prin falțuri simple transversale, lăsîndu-se la trasare adaosul respectiv.

Cotul cu secțiune rectangulară (fig. 12.9) este piesa de legătură pentru schimbarea direcției canalelor de aer de secțiune rectangulară.

Aceste piese se compun din următoarele elemente : doi pereți frontali (S_1) ; un perete superior (S_2) ; un perete inferior (S_3).

Elementele caracteristice ale acestei piese sînt dimensiunile laturilor secțiunii rectangulare, unghiul pe care îl formează cotul între planurile flanșelor și raza de curbură a cotului. Raza de curbură R a cotului se ia între (1...2) h (h fiind latura secțiunii canalului aflată în planul în care se curbează axa canalului).

Pereții frontali se trasează identic cu trasarea vederii laterale a curbei, adăugîndu-se lățimea falțurilor pentru îmbinare și pentru flanșe.

Desfășurarea peretelui superior are o lungime egală cu 1,57 ori raza exterioară, plus adaosul pentru falțuri și flanșe și o lățime egală cu latura canalului normală pe planul în care se face curbarea axei canalului.

Scanned with OKEN Scanner

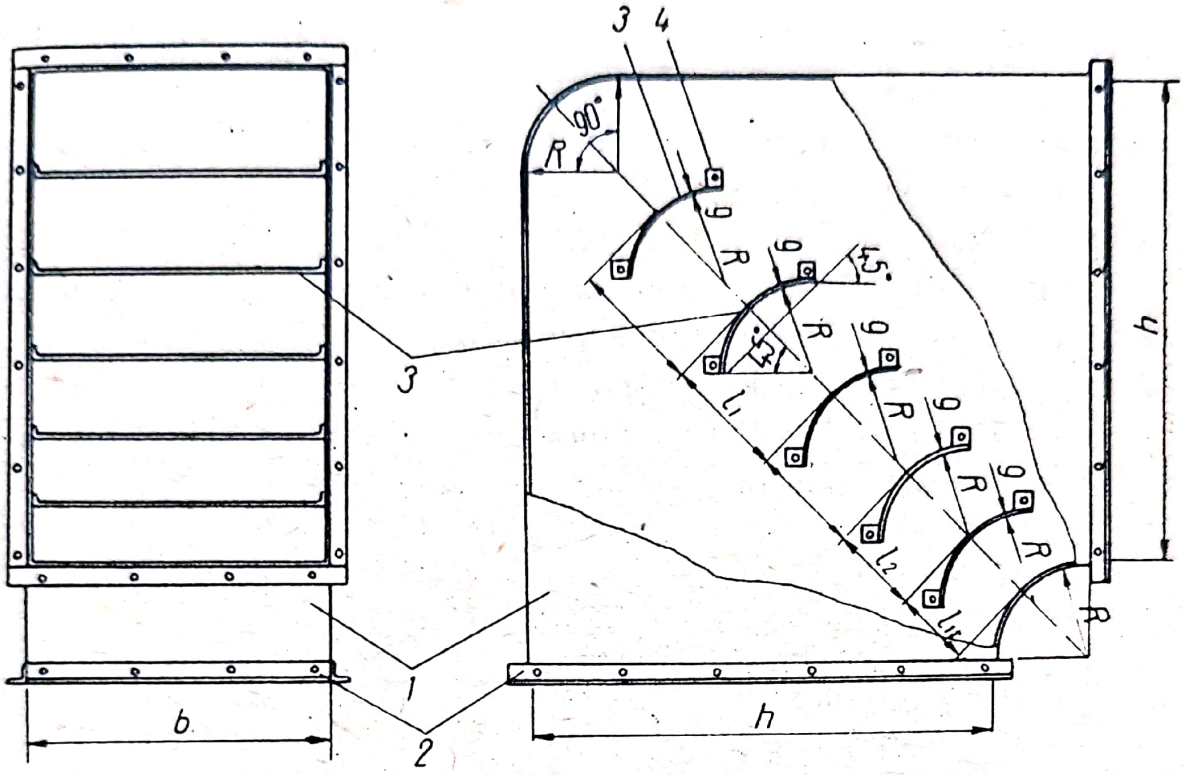


Fig. 12.10. Cot cu palete :
1 — cot ; *2* — îmbinare canal ; *3* — paletă ; *4* — nit.

În mod analog este desfășurarea peretelui inferior, lungimea referindu-se la raza interioară.

Toate elementele acestui cot se îmbină prin falțuri de colț, care se culcă pe pereții frontali.

Cotul cu palete (fig. 12.10) este piesa de legătură pentru schimbarea direcției canalelor de aer de secțiune rectangulară, acolo unde din cauza condițiilor locale nu se poate asigura o rază de curbură de minimum 1 *h*, sau ca piesă ce se montează înaintea gurilor de refulare a aerului acolo unde e necesară menținerea unei viteze constante în toată secțiunea canalului la ieșirea din cot.

Rolul paletelor este de a asigura dirijarea aerului în mod uniform pe toată secțiunea transversală.

Aceste coturi se folosesc numai la canale cu secțiune rectangulară, confecționîndu-se în mod analog celor indicate la cotul cu secțiune rectangulară.

Ca element suplimentar apar paletele sau pereții de dirijare a aerului al căror număr se determină în funcție de latura canalului *h* și de raza de curbură a cotului *R*.

Scanned with OKEN Scanner

Paletele se fixează de pereții canalului prin nituire.

Etajele sînt piese speciale care fac legătura între două canale aflate în planuri diferite (fig. 12.11 și 12.12).

Etajele se clasifică la rîndul lor în : etaj cu secțiune circulară și etaj cu secțiune rectangulară.

Etajul cu secțiune circulară (fig. 12.11) se execută din două curbe, fiecare fiind compusă din segmente, de obicei 3—4, fără segmente marginale. Aceste curbe se îmbină cu falțuri sau direct una în alta, cu ajutorul unei piese de legătură.

Elementele caracteristice sînt lungimea etajului și înălțimea (distanța dintre axele canalelor).

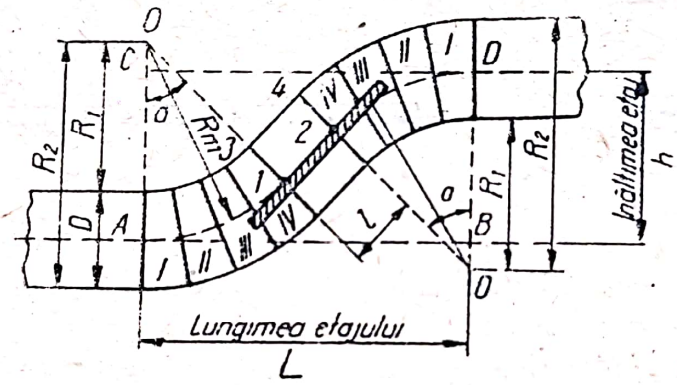


Fig. 12.11. Etaj cu secțiune circulară.

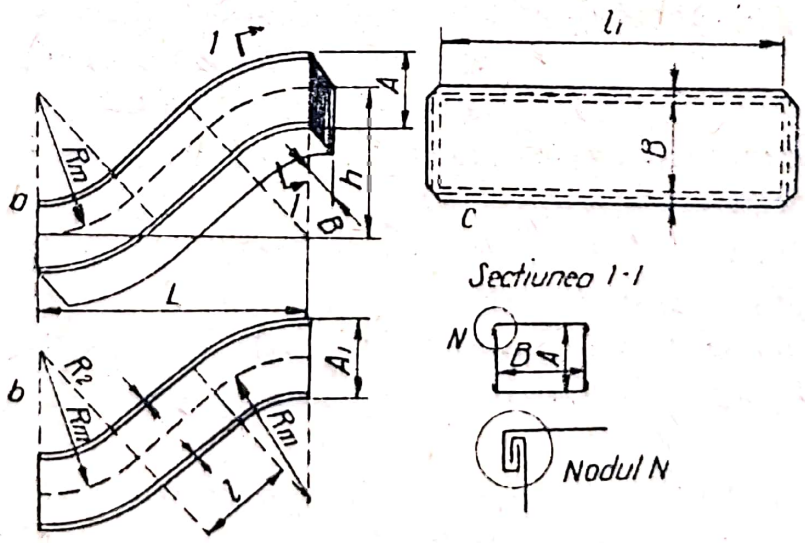


Fig. 12.12. Etaj cu secțiune rectangulară.

Etajul se confecționează pe baza vederii laterale a planului în care se face legătura. Se trasează două paralele AB și CD la distanța înălțimii etajului h și se măsoară pe acestea și lungimea L a etajului. Din punctele A și B se trag perpendicularele AB și BD. De asemenea din A și D drept centre se trasează două arce de cerc cu raza egală cu raza medie de curbură R_m. Se determină astfel centrele O și O'. Din acestea se trasează din nou două arcuri de cerc cu aceeași rază. La aceste arcuri de cerc se duce tangenta comună, punctele *1* și *2* fiind puncte de tangență. Se unesc cu vîrfurile O și O' căpătîndu-se unghiurile a ale curbelor etajului. Distanța l dintre punctele *1* și *2* este lungimea piesei de legătură. Este de remarcat că această piesă poate lipsi în cazul unui punct comun de tangență.

Desfășurata segmentelor curbelor și a piesei de legătură se execută analog celor indicate pentru coturi, iar piesa de legătură nu este decît un tronson cilindric drept.

Confecționarea și asamblarea etajului se realizează după metodele indicate anterior la piesele cu secțiune circulară.

Etajul cu secțiune rectangulară este format din patru părți : doi pereți laterali identici și peretele superior și inferior identici (fig. 12.12, *a*)

Desfășurata peretelui lateral (fig. 12.12, *b*) se trasează similar vederii laterale a etajului cu secțiune circulară, cu adaosurile respective pentru falțuri.

Lungimea peretelui superior și inferior se determină după peretele lateral (fig. 12.12, *c*).

Executarea piesei este analoagă executării cotului cu secțiunea rectangulară.

Reducțiile (fig. 12.13—12.16) sînt piese speciale pentru schimbarea secțiunii canalelor de aer circulare sau rectangulare cu menținerea formei secțiunii, ca difuzor sau confuzor sau piese speciale pentru schimbarea formei canalelor de aer circulare în canale rectangulare (sau invers) ca difuzor sau confuzor.

Există următoarele tipuri de reducții : simetrică cu secțiune circulară ; dreaptă cu secțiune circulară ; simetrică cu secțiune rectangulară ; dreaptă cu secțiune rectangulară ; simetrică cu schimbarea formei secțiunii.

Reducțiile se confecționează la fel ca și coturile, desfășuratele pentru trasare rezultînd din figurile ce le reprezintă.

Reducțiile au forma unor trunchiuri de con, la cele cu secțiune circulară, și a unui trunchi de piramidă, la cele cu secțiune rectangulară.

Scanned with OKEN Scanner

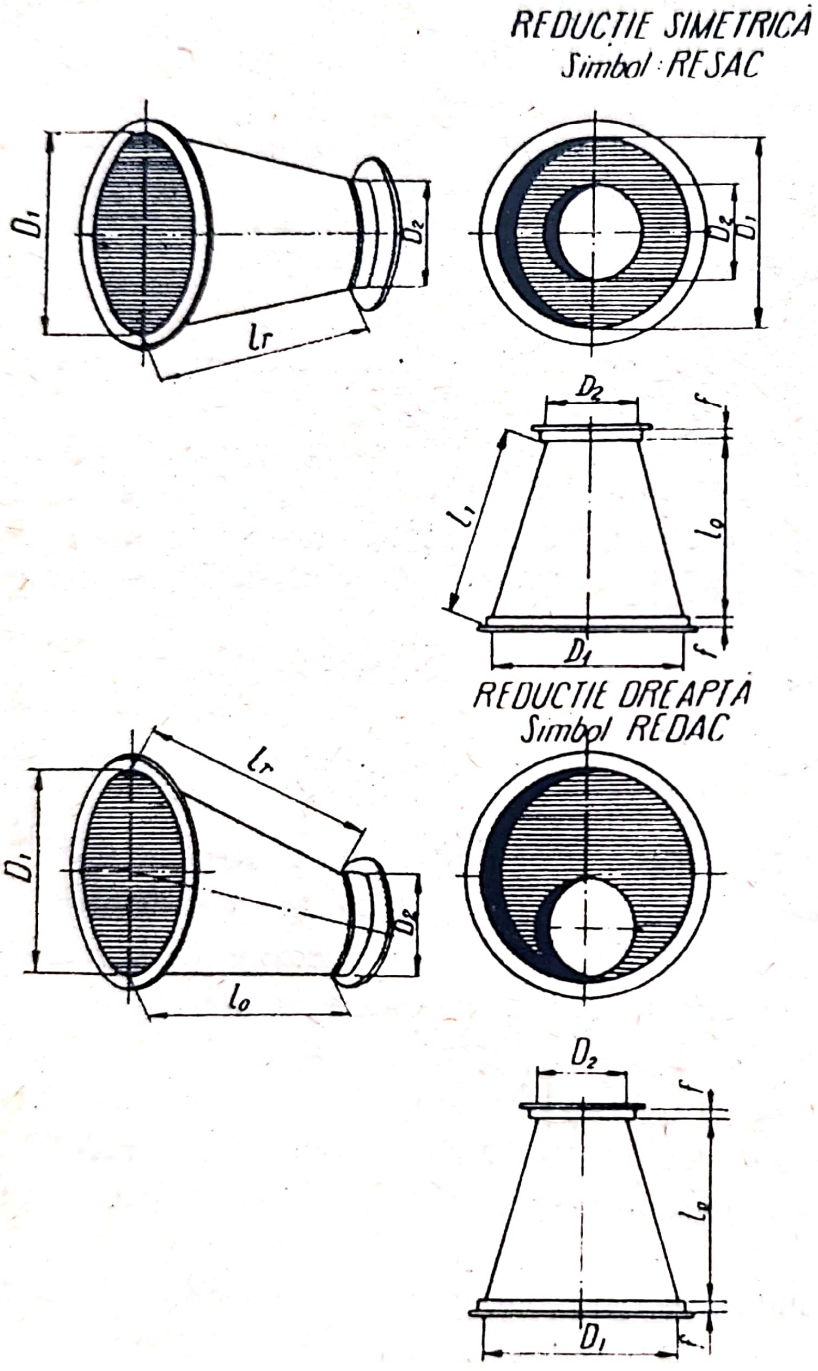


Fig. 12.13. Reducție simetrică și dreaptă cu secțiune circulară.

În sensul de mișcare al aerului, după felul cum este realizată schimbarea de secțiune, de la mare la mic sau de la mic la mare, aceste reducții au rolul de confuzor sau difuzor.

Se recomandă ca unghiul la vîrf al difuzoarelor să fie între 15 și 30°, maximum admis 45°, iar al confuzoarelor să fie de preferință sub 45°, maximum admis 60°.

Pe lîngă reducțiile indicate (simetrice sau drepte) se realizează, uneori, cînd condițiile locale ale instalației o impun și reducții oblice, a căror trasare și desfășurată este mai dificilă.

Ramificațiile sînt piese de legătură pentru racordarea unui canal de aer cu două tronsoane, unul continuă în linie dreaptă fără schimbarea secțiunii, iar celălalt își schimbă direcția și în unele cazuri chiar secțiunea.

Scanned with OKEN Scanner

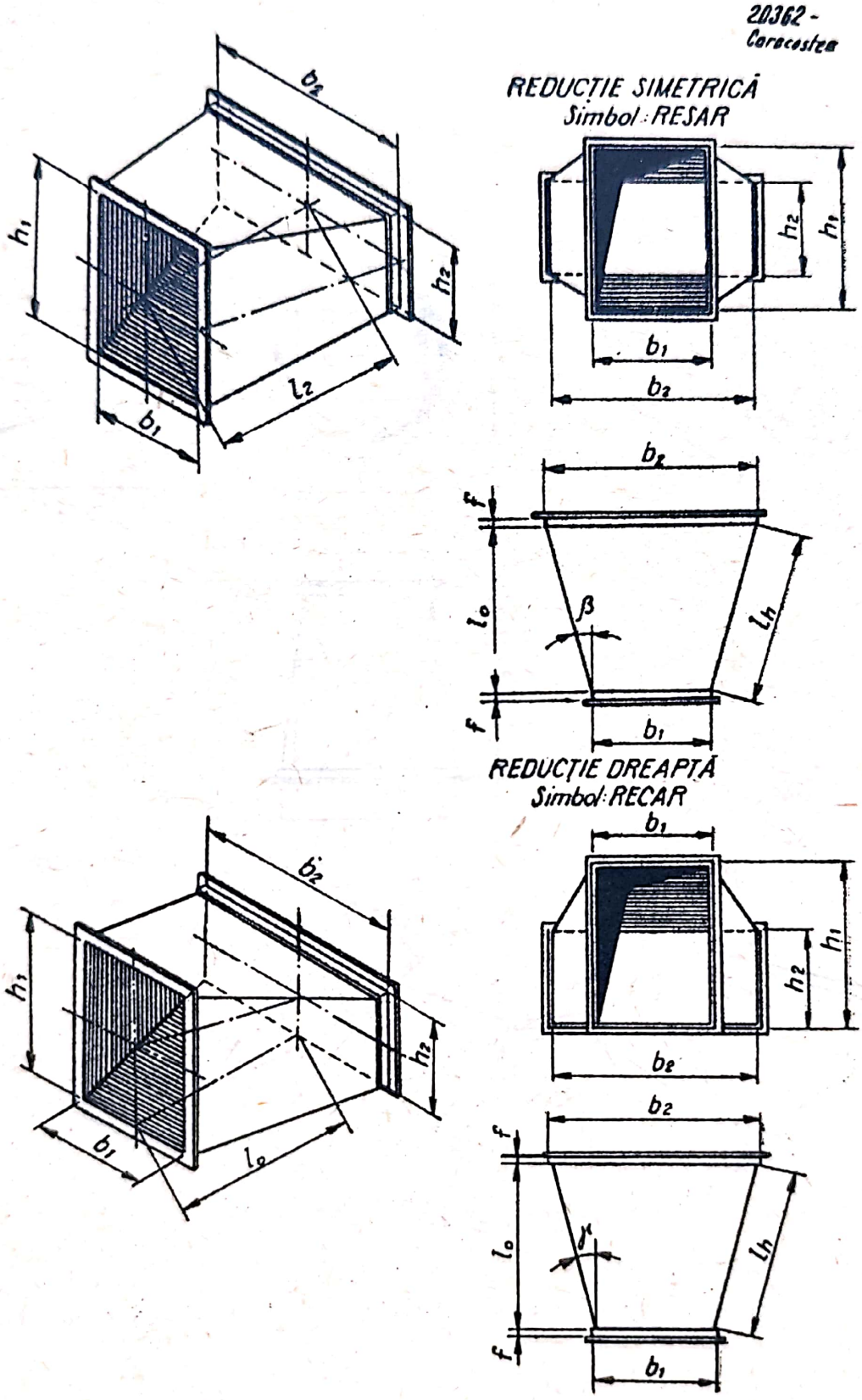


Fig. 12.14. Reducție simetrică și dreaptă cu secțiune rectangulară.

Scanned with OKEN Scanner

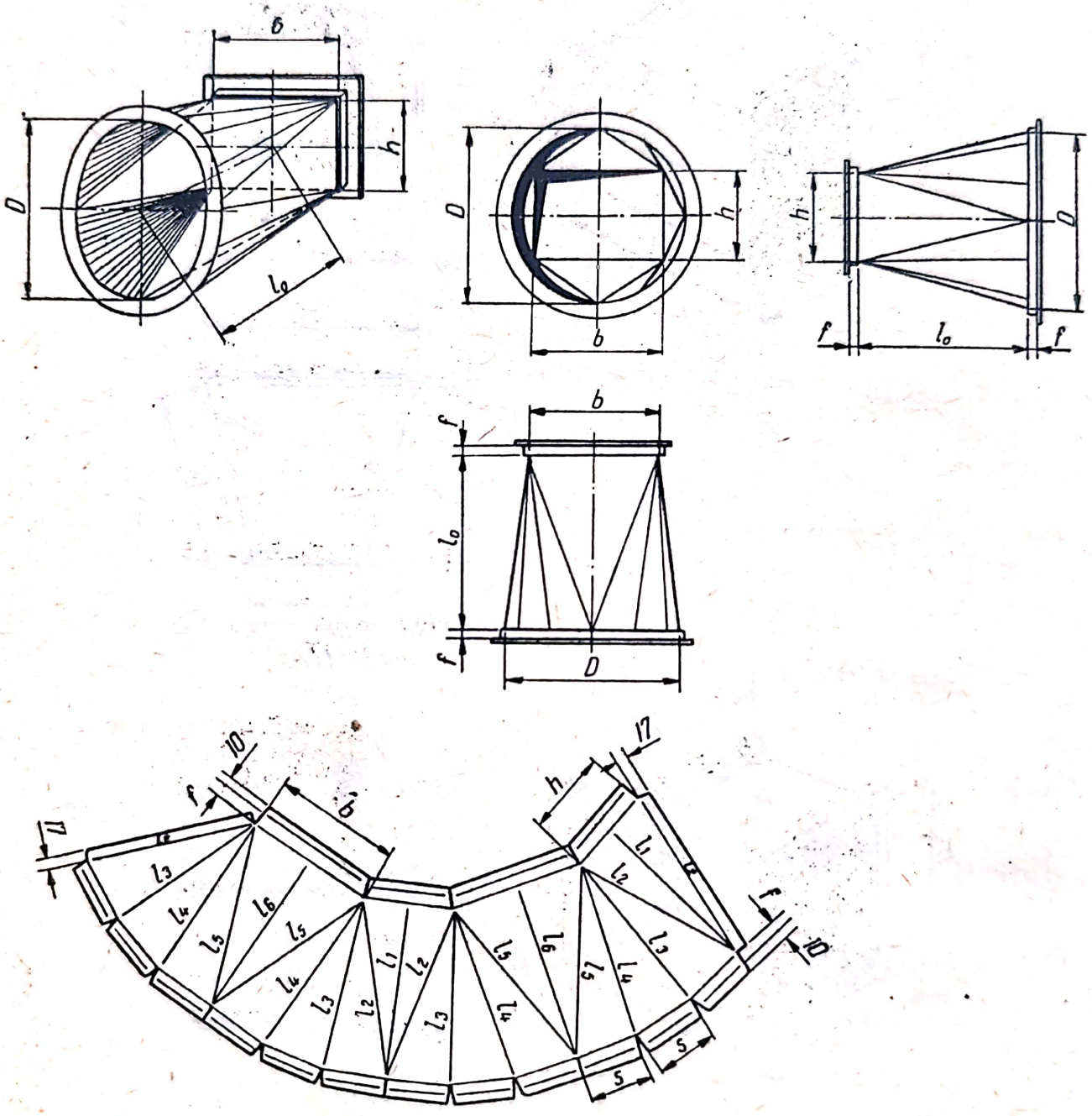


Fig. 12.15. Reducție simetrică cu schimbarea formei secțiunii.

Scanned with OKEN Scanner

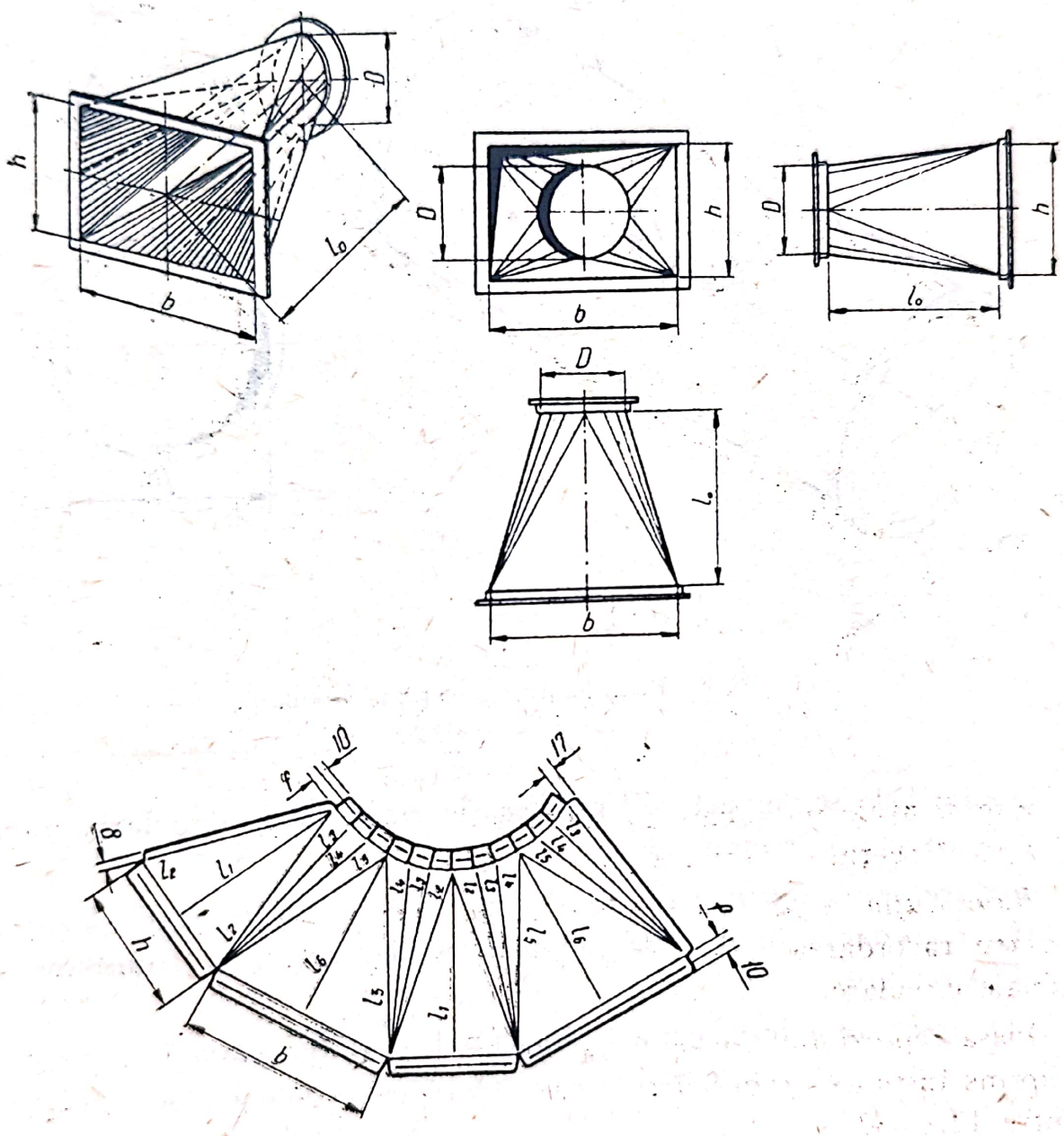


Fig. 12.16. Reducție simetrică cu schimbarea formei secțiunii.

Scanned with OKEN Scanner

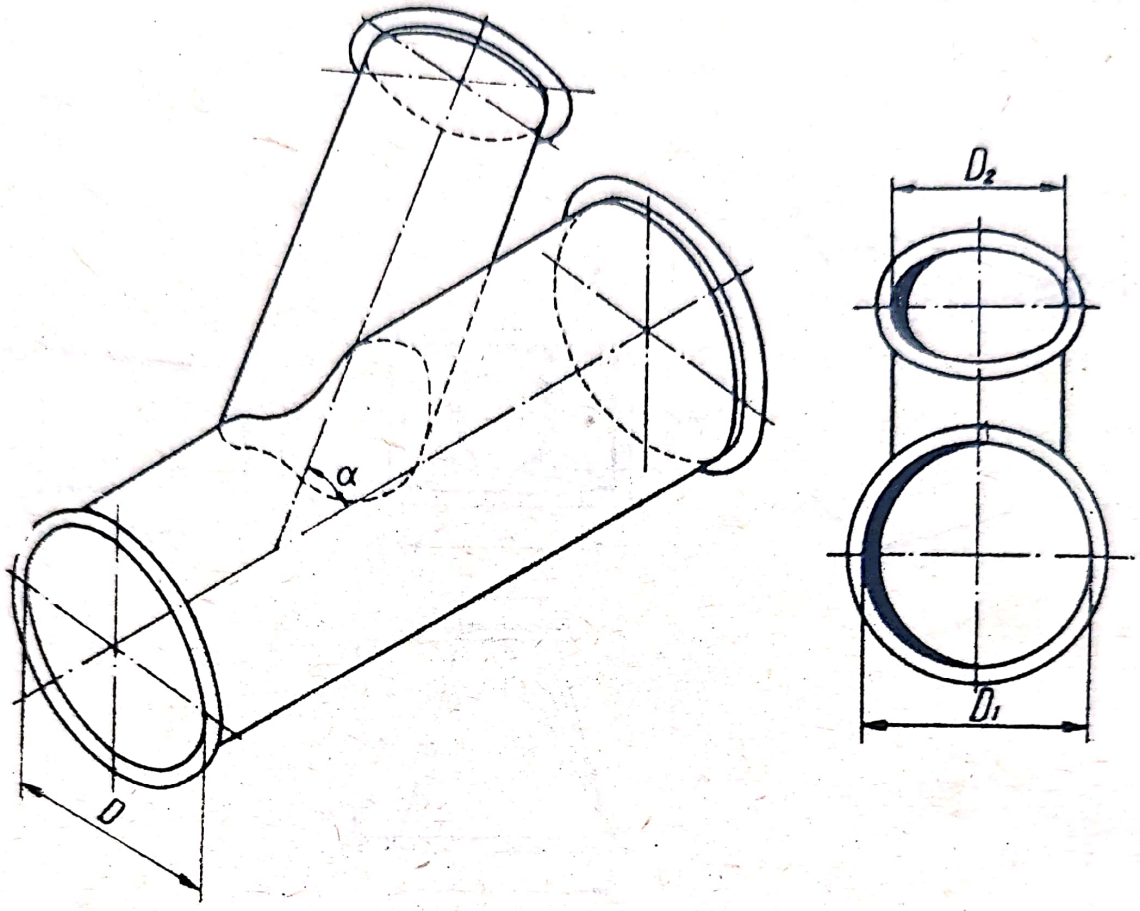


Fig. 12.17. Ramificație cu secțiune circulară.

Ramificațiile se împart în : ramificație cu secțiune circulară ; ramificație cu secțiune rectangulară.

Ramificația cu secțiune circulară (fig. 12.17) este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer circular cu două tronsoane de canale circulare.

Piesa reprezintă intersecția a doi cilindri. Se recomandă ca unghiul cuprins între axa ramificației și axa conductei principale să fie cuprins între 12 și 30°.

Ramificația cu secțiune rectangulară (fig. 12.18) este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer rectangular cu două tronsoane de canale rectangulare.

■ Bifurcațiile sînt piese de legătură pentru racordarea unui canal de aer cu două tronsoane care își schimbă direcția.

Scanned with OKEN Scanner

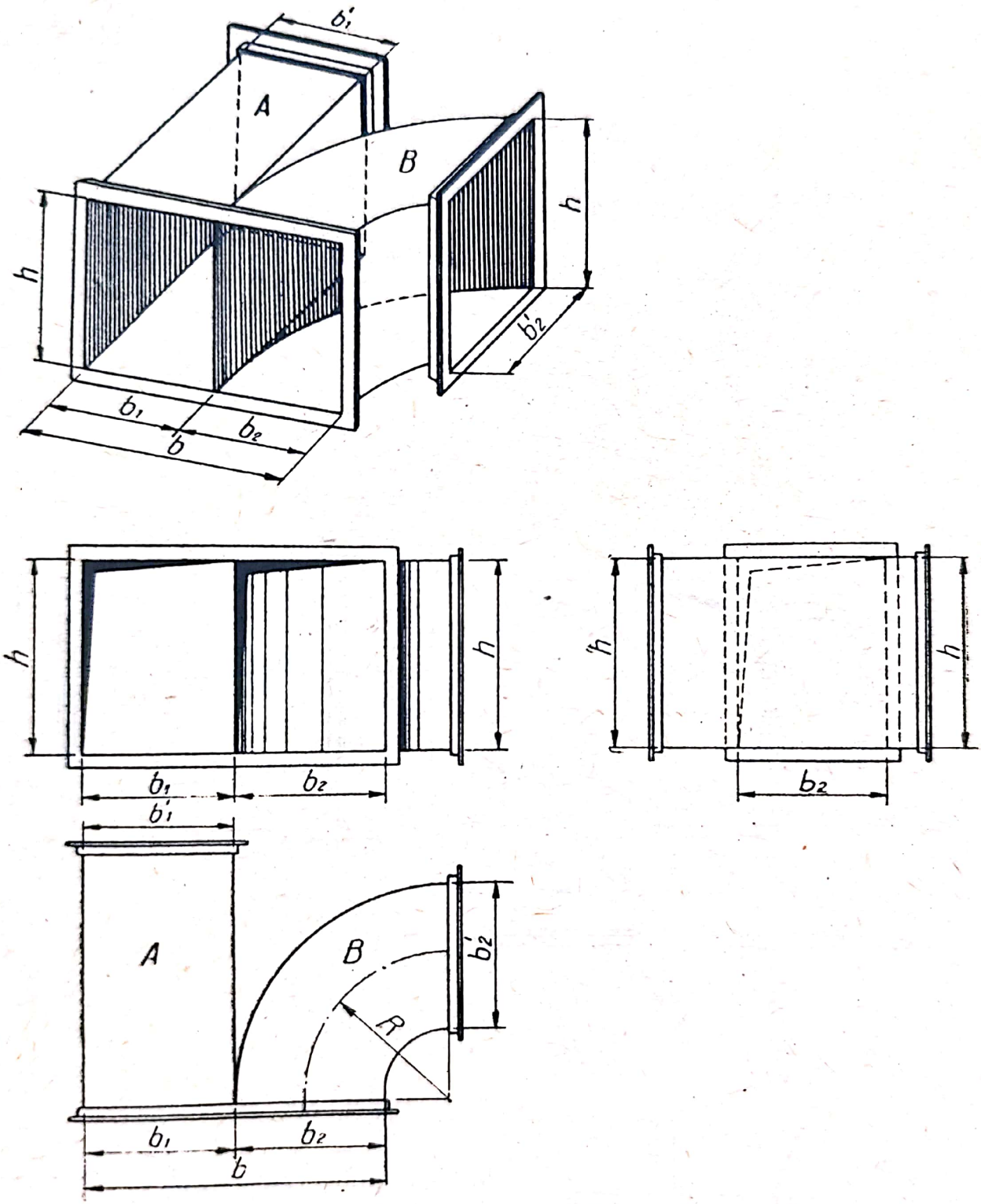


Fig. 12.18. Ramificație cu secțiune rectangulară.

Scanned with OKEN Scanner

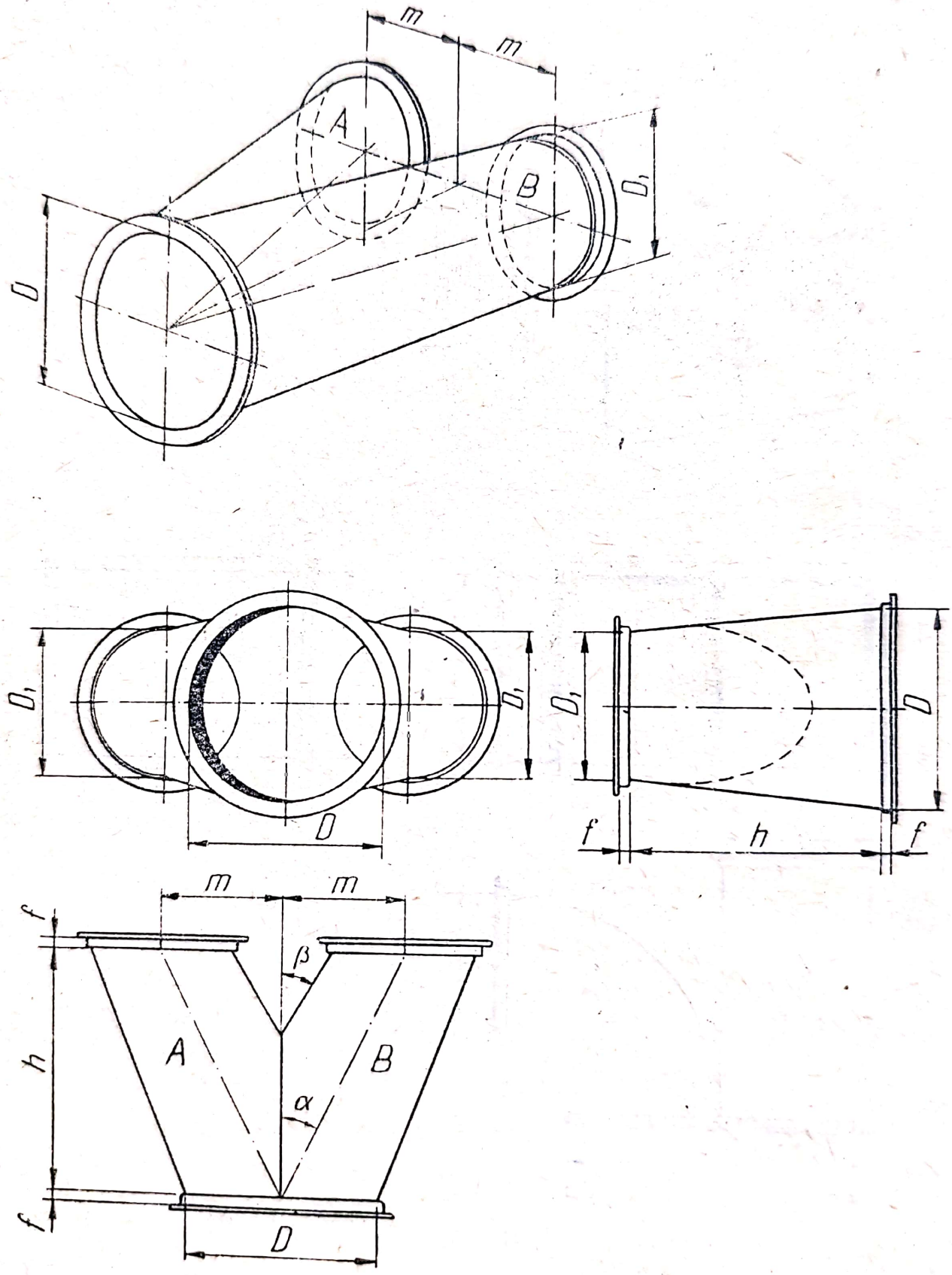


Fig. 12.19. Bifurcație cu secțiune circulară.

Scanned with OKEN Scanner

Bifurcațiile se împart, de asemenea, după forma secțiunii în : bifurcație cu secțiune circulară (fig. 12.19) ; bifurcație cu secțiune rectangulară (fig. 12.20).

Bifurcația cu secțiune circulară este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer circular cu două tronsoane de canale circulare.

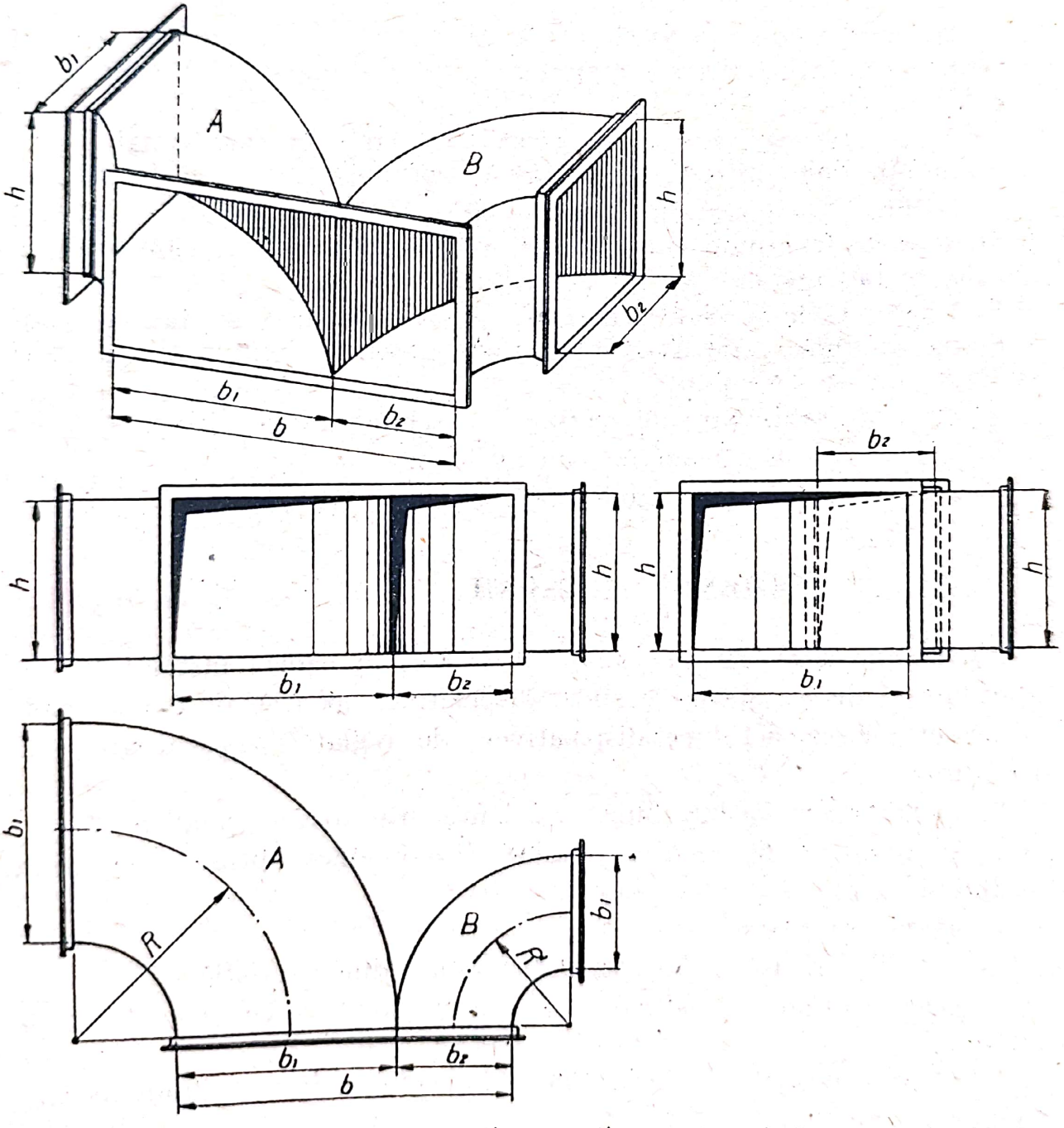


Fig. 12.20. Bifurcație cu secțiune rectangulară.

Scanned with OKEN Scanner

Bifurcația cu secțiune rectangulară este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer rectangular cu două tronsoane de canale rectangulare.

Trifurcațiile sînt piese de legătură pentru racordarea unui canal de aer cu trei tronsoane, din care unul continuă în linie dreaptă, cu sau fără schimbare de secțiune, iar celelalte două își schimbă direcția, iar în unele cazuri și secțiunea.

Trifurcațiile se împart în :

— trifurcație cu secțiune circulară, care este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer circular cu trei tronsoane de canele circulare ;

— trifurcație pe reducție simetrică circulară, în care canalul care continuă în linie dreaptă își schimbă secțiunea (reducție simetrică) ;

— trifurcație cu secțiune rectangulară, care este piesa de legătură pentru racordarea unui canal de aer rectangular cu trei tronsoane de canale, rectangulare.

Pe lîngă piesele speciale principale care s-au indicat, se mai pot confecționa, în funcție de anumite condiții speciale, combinații de piese speciale, ca de exemplu :

— piese de schimbare de secțiune cu schimbare de direcție ;

— etaj combinat cu difuzor sau confuzor ;

— tronson drept scurt combinat cu piesă specială etc.

B. ELEMENTE ACCESORII

Elementele accesorii ale canalelor de aer, în cadrul instalațiilor de ventilare și de condiționare sînt : dispozitivele pentru refularea, aspirația, evacuarea aerului ; dispozitivele de reglare ; separatoarele de picături.

Elementele accesorii trebuie să asigure următoarele condiții :

— să realizeze în condiții tehnice și economice optime funcțiunea atribuită ;

— să fie estetice ;

— să poată fi ușor montate și demontate din instalație ;

— cele cu organe în mișcare să fie ușor manevrabile în locuri accesibile ;

— să fie robuste și rezistente la acțiunea factorilor mediului în care sînt montate.

Scanned with OKEN Scanner

1. PRIZE DE AER

Pentru captarea și introducerea în instalație a aerului proaspăt din exterior se prevăd prize de aer. Acestea se amplasează în zonele cu impurificare minimă a aerului exterior, de preferință în zone verzi sau în vecinătatea acestora, și se protejează împotriva radiațiilor solare.

Se evită expunerea prizei de aer la acțiunea vîntului predominant, pentru a nu pătrunde precipitațiile atmosferice în instalație și a se bloca cu zăpadă deschiderea de admisie.

Prizele de aer se amplasează la o înălțime minimă de 2 m de la sol la partea inferioară. Se evită montarea prizelor de aer pe acoperiș.

În cazuri speciale, prizele se pot situa și la o înălțime minimă de 1 m de la sol la latura inferioară, cu obligativitatea de a se filtra aerul de praf, înainte de a fi introdus în încăperi.

În general, prizele de aer se prevăd în pereții clădirilor și de preferință în cei orientați către N, N—E sau N—V.

Cînd este posibilă amplasarea pe pereți, prizele se pot amenaja la capetele unor turnuri de aer (fig. 12.21) situate de preferință în zone verzi, la o distanță de cel puțin 6 m de căile de comunicație și cu respectarea condițiilor de înălțime minimă de la sol.

Prizele de aer se protejează cu jaluzele contra ploii și cu plasă de sîrmă împotriva pătrunderii în instalație a corpurilor străine.

2. CĂCIULI DE PROTECȚIE

Pentru evacuarea în exterior a aerului aspirat din încăperi, prin intermediul instalațiilor de ventilare, se prevăd coșuri de evacuare.

La partea superioară acestea se protejează printr-o căciulă care să împiedice pătrunderea ploii în canalul de aer. Această căciulă se execută din material rezistent la acțiunea agenților atmosferici sau protejat în consecință.

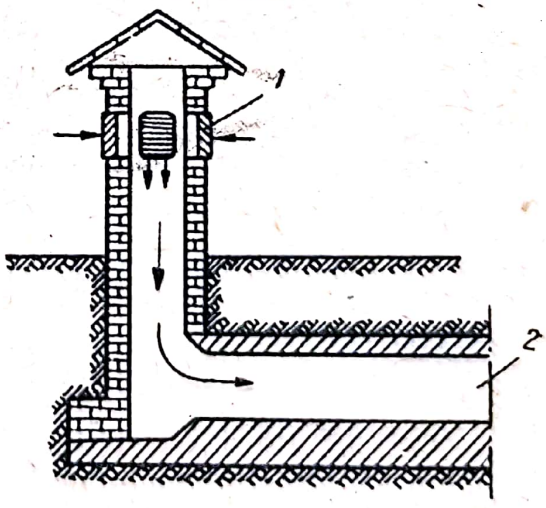


Fig. 12.21. Priză de aer la distanță (exterioară) :
1 — jaluzele ; 2 — canal de aer.

Scanned with OKEN Scanner

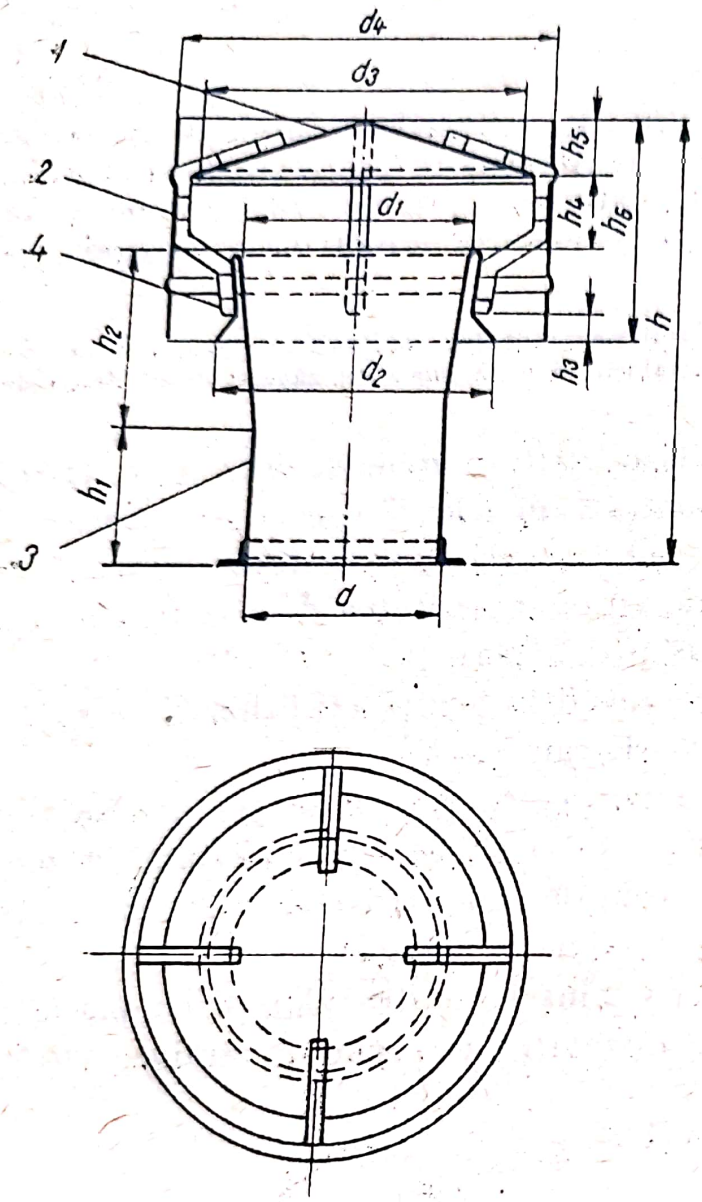


Fig. 12.22. Deflector cu manta cilindrică :
1 — capac ; 2 — manta cilindrică ; 3 — racord ; 4 — nervuri de susținere.

■ Pentru îndeplinirea în bune condiții a rolului pe care îl au în instalație, la confecționarea căciulilor de protecție se vor respecta următoarele :

— linia imaginară care unește buza exterioară a căciulii de protecție cu buza superioară a canalului de aer să formeze un unghi de cel puțin 45° cu axa canalului ;

— distanța dintre planul buzei inferioare a căciulii de protecție și planul buzei superioare a canalului de aer trebuie să fie egală cu 40% din diametrul interior al canalului de aer (la canale circulare) sau din latura mare a secțiunii canalului (la canale rectangulare).

Forma în plan a acestor căciuli urmează forma canalului deservit.

Drept căciuli de protecție pot fi folosite și deflectoarele, în special în cazul ventilării naturale sau al folosirii energiei cinetice a vîntului pentru activarea tirajului.

Deflectoarele se execută cu manta tronconică și cu manta cilindrică (fig. 12.22).

3. GURI DE EVACUARE

Gurile de evacuare servesc pentru evacuarea în exterior a aerului viciat. Ele se montează de preferință pe acoperiș (fig. 12.23) la o înălțime minimă de 0,5 m între planul deschiderii de evacuare și punctul cel mai înalt al construcției (coama acoperișului, coama luminatorului etc.) ; nu se admite o înălțime mai mică de 1,5 m între planul deschiderii de evacuare și nivelul superior al intersecției dintre acoperiș și conducta de refulare.

Scanned with OKEN Scanner

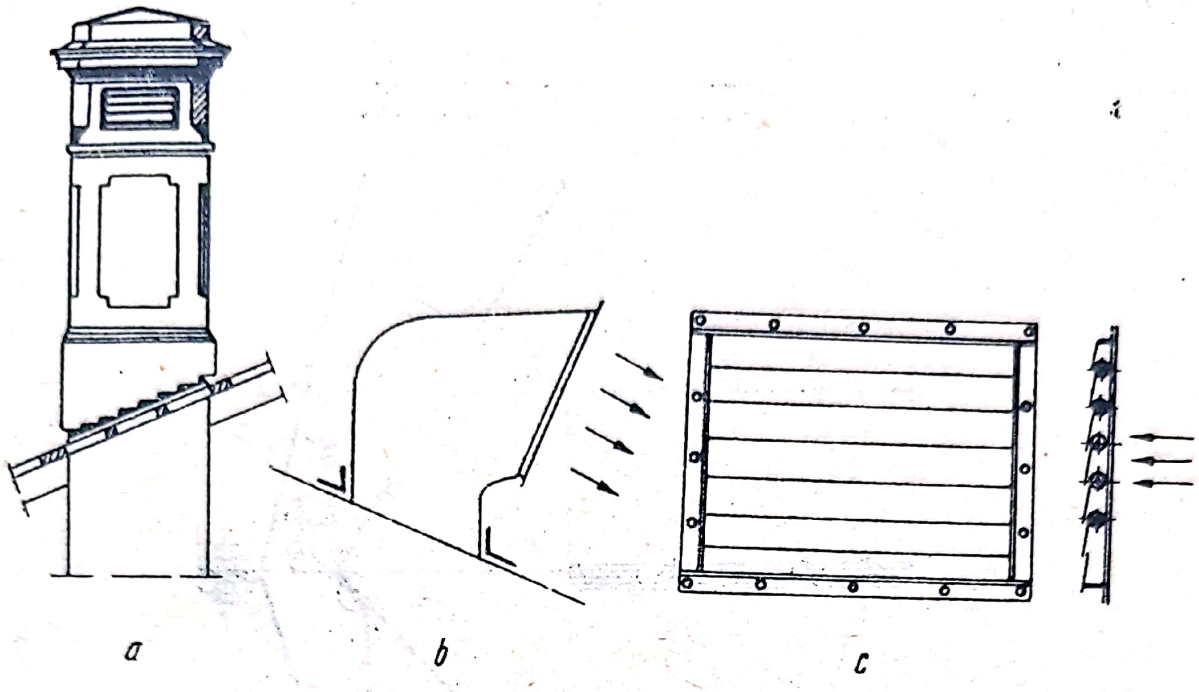


Fig. 12.23. Guri de evacuare a aerului :
a, b — peste acoperiș ; *c* — cu jaluzele de suprapresiune.

În cazul evacuării unor substanțe foarte nocive se analizează necesitatea de a se înălța conducta de refulare, pentru a ieși din umbra aerodinamică creată de construcțiile învecinate.

Refularea în atmosferă a aerului viciat, care conține substanțe toxice, corosive, inflamabile sau cu densitate mai mare decît a aerului se realizează prin dispozitive de evacuare care să asigure aerului o direcție verticală, în sus (fig. 12.24).

Refularea în atmosferă pe direcție orizontală sau în unghi mai mic de 90° față de planul acoperișului a aerului viciat este interzisă.

Gurile de evacuare de pe acoperiș se amplasează cu respectarea următoarelor condiții :

— să aibă distanță suficientă în plan orizontal față de prizele de aer și o amplasare față de vîntul dominant, care să evite scurtcircuitarea aerului viciat ;

— să fie situate, pe cît posibil, în zonele de subpresiune produse de vînt ;

— să fie situate la o înălțime de cel puțin 2 m față de latura superioară a prizelor de aer proaspăt.

Gurile de evacuare se protejează, de asemenea, împotriva pătrunderii impurităților, precipitațiilor atmosferice și păsărilor, confecționîndu-se din materiale rezistente la acțiunea mediului exterior.

Scanned with OKEN Scanner

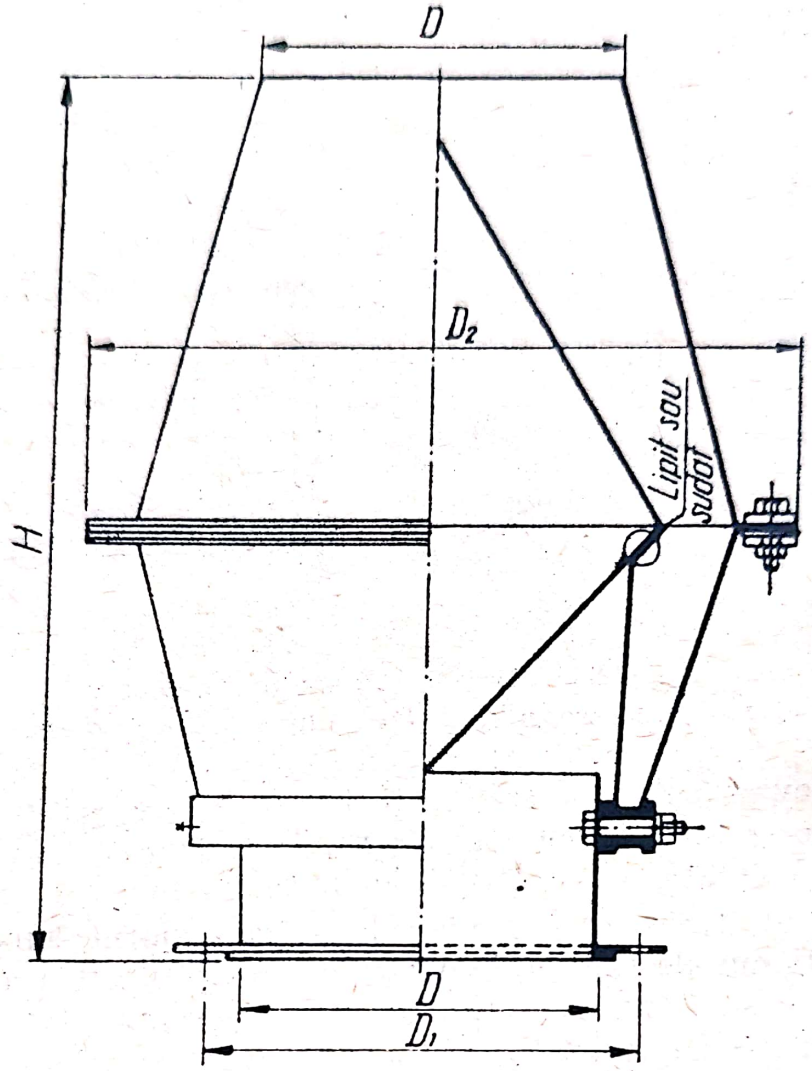


Fig. 12.24. Dispozitiv de evacuare cu jet vertical.

■ Cînd nu este posibilă amplasarea gurilor de evacuare deasupra acoperișului, acestea se pot amplasa în elementele de construcție exterioare, respectînd următoarele condiții :

— să fie exclusă posibilitatea pătrunderii aerului evacuat în alte încăperi care au ferestrele situate pe aceeași fațadă ;

— să se evite amplasarea gurilor de evacuare pe peretele expus vîntului dominant sau să se ia măsuri de protecție a deschiderii de ieșire a aerului împotriva acțiunii vîntului.

La gurile de evacuare se pot folosi și jaluzele de suprapresiune.

4. GURI DE REFULARE ȘI DE ASPIRAȚIE

Aceste guri (fig. 12.25) se amplasează în încăperi, astfel încît în timpul funcționării instalației să nu se producă curenți de aer supărători pentru ocupanți.

Scanned with OKEN Scanner

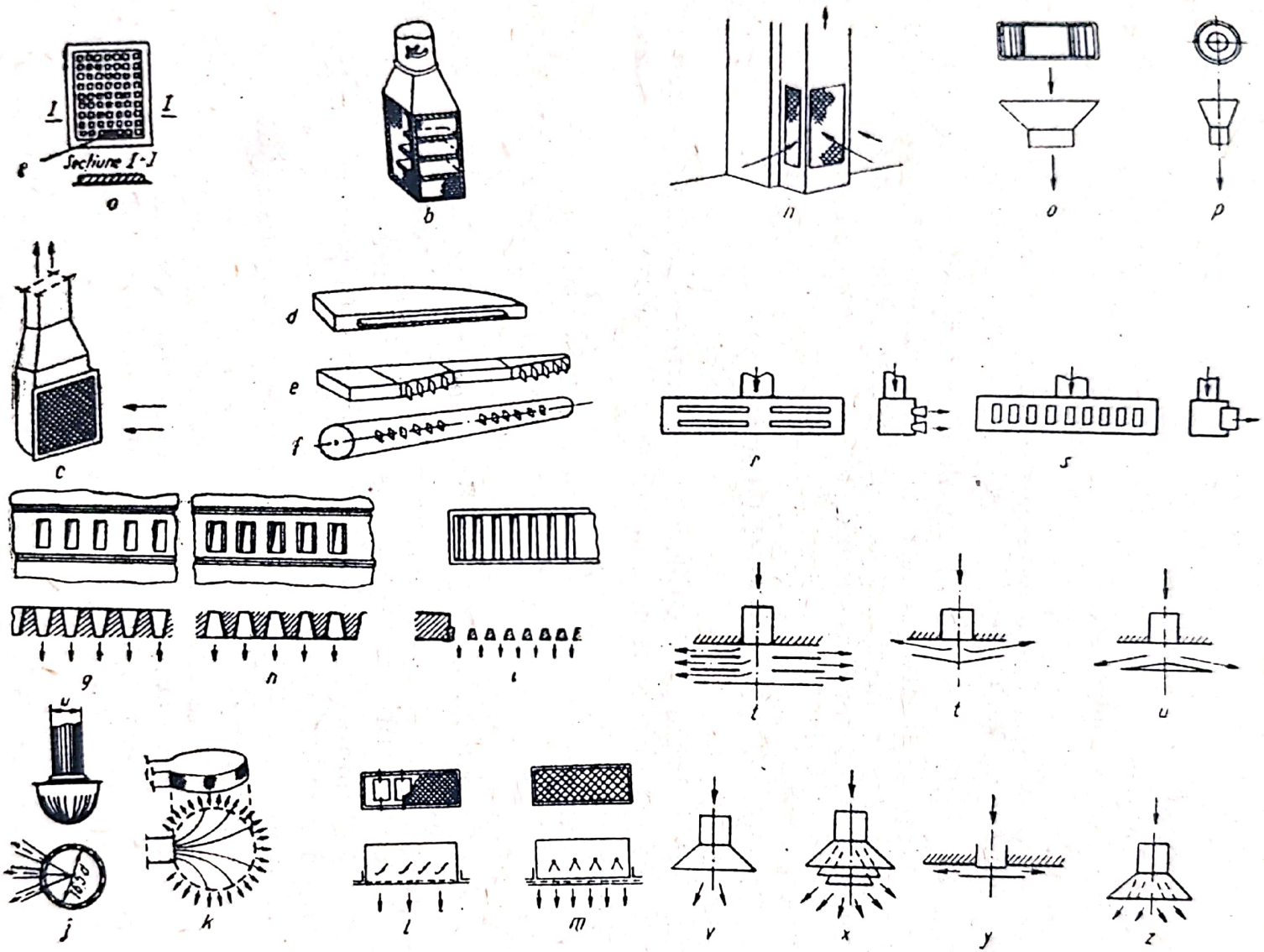


Fig. 12.25. Tipuri de guri de refulare și de aspirație a aerului :

a — gură de refulare cu jaluzele verticale reglabile simultan ; *b* — distribuitor de aer cu palete de repartizare a curentului de aer ; *c* — gură de aspirație cu dispozitiv de protecție din plasă de sîrmă ; *d* — distribuitor de aer cu fantă ; *e* și *f* — distribuitoare cu aer cu jaluzele ; *g* — guri de refulare cu trafor cu fante confuzor ; *h* — guri de refulare cu trafor cu fante difuzor ; *i* — guri de refulare cu trafor cu baghete profilate ; *j* — distribuitor de aer semisferic ; *k* — distribuitor de aer cilindric cu plasă de sîrmă ; *l* — guri cu jaluzele reglabile independent ; *m* — guri cu jaluzele în formă de V ; *n* — gură de aspirație pe trei laturi (stîlp fals) ; *o* — confuzor ; *p* — difuzor ; *r* — distribuitor de aer cu difuzoare — fante orizontale ; *s* — distribuitor de aer cu difuzoare — fante verticale ; *t*, *ț*, *u*, *v*, *x*, *y* și *z* — diferite construcții de anemostate.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul construcțiilor civile, ele trebuie să aibă un aspect estetic și să se încadreze în arhitectura interioară a încăperii. În clădirile industriale, ele nu trebuie să împiedice desfășurarea proceselor tehnologice și să fie ferite de acțiuni mecanice.

Gurile de refulare și de aspirație se pot amplasa fie direct pe canalele de aer, fie la capătul acestora.

Se recomandă ca aceste guri să fie prevăzute cu dispozitive de reglare a debitului de aer, care se pot realiza prin construcția însăși a grătarului (cu jaluzele) sau prin clapete de reglaj montate pe canalele de aer în apropierea gurilor respective.

Dispozitivele care se montează la gurile de refulare de absorbție pot avea forme variate (fante, grătare, jaluzele, anemostate, difuzoare, confuzoare etc.) și se confecționează din diferite metale sau materiale de construcții (ipsos, lemn, marmură etc.).

5. DISPOZITIVE DE REGLARE

În vederea echilibrării instalațiilor de ventilare și pentru realizarea debitelor de aer calculate sînt necesare dispozitive de reglare care îndeplinesc următoarele funcțiuni :

— reglează debitele de aer la ramificații, bifurcații, guri de aer ;

— asigură reglarea sau închiderea debitului de aer pe canale sau la guri de aer ;

— reglează debitul de aer al ventilatoarelor ;

— limitează circulația aerului prin ventilatorul oprit la funcționarea în paralel a două ventilatoare care funcționează cu intermitență ;

— realizează obturarea canalelor la instalații de transport pneumatic, fără a favoriza depuneri etc.

Principalele tipuri de dispozitive de reglaj sînt : clapetele, jaluzelele și vanele de reglaj (șubărele).

Clapetele de reglaj (fig. 12.26) pot fi formate din una sau mai multe palete cu sau fără profil aerodinamic. Cînd sînt formate dintr-o singură paletă au denumirea de *clapetă de reglaj*, iar cînd sînt mai multe palete poartă denumirea de *jaluzele de reglaj* (fig. 12.27).

Clapetele neprofilate pot avea axul de rotire central (tip fluture) sau la unul din capete ; ultimul sistem se prevede în special la ramificații. Paletele clapetelor se confecționează din tablă de oțel suficient de groasă spre a fi rigidă. Se folosește tablă de 1 mm grosime pentru canale cu latura (diametrul) pînă la 300 mm, 1,25 mm pentru cele de 300—500 mm și 1,50 mm pentru cele peste 500 mm.

Scanned with OKEN Scanner

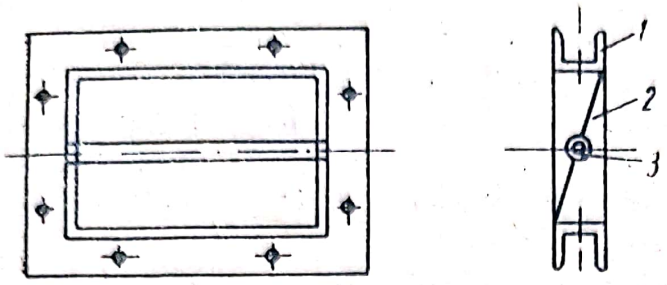


Fig. 12.26. Clapetă de reglaj :
1 — flanșă ; *2* — paletă ; *3* — ax.

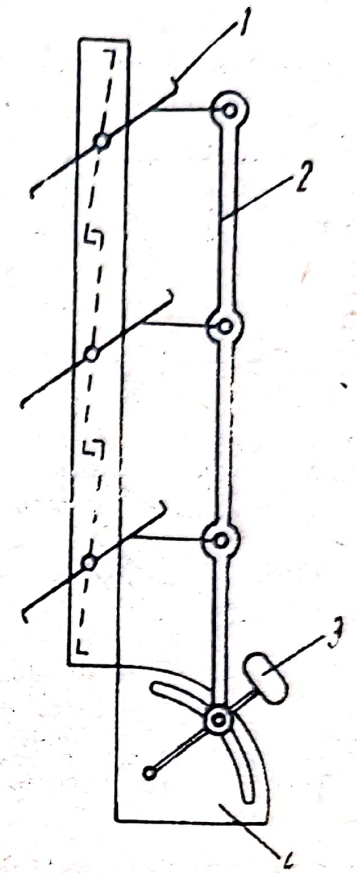


Fig. 12.27. Jaluzele de reglaj :
1 — paletă ; *2* — pîrghii de acționare ;
3 — mîner ; *4* — sector de reglare.

Clapetele se prevăd cu manete de acționare din exterior. Poziția mînerului, la deschiderea completă a paletei, trebuie să fie paralelă cu axa canalului.

Clapetele fără manetă se montează atunci cînd nu este necesar reglajul lor în timpul exploatării, acesta făcîndu-se la punerea în funcțiune a instalației. Este indicat ca în apropierea lor să se prevadă un capac de vizitare.

Clapetele cu mai multe palete (jaluzele), profilate sau nu, se montează pe canale cu dimensiuni mari, în special în centrele de ventilare și condiționare. În unele cazuri, pentru evitarea condensării, aceste clapete sînt izolate termic (clapeta prizei de aer proaspăt). Paletele se manevrează simultan cu ajutorul unui dispozitiv cu pîrghii. Este important ca marginile îndoite ale paletelor să se îmbine perfect, astfel încît să nu permită trecerea aerului.

Jaluzelele trebuie să funcționeze ușor, fără să necesite eforturi mari pentru acționare, iar paletele să fie echilibrate, spre a putea fi fixate în rulmenți montați în casete etanșe, prevăzute cu dispozitive de ungere. La toate clapetele de reglaj, rotirea trebuie să fie limitată la 90°. Paletele trebuie să fie plane, rigide și să nu vibreze sau să se deplaseze la trecerea aerului.

Scanned with OKEN Scanner

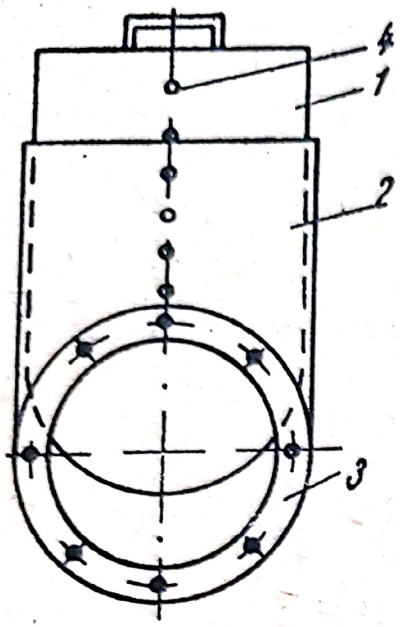


Fig. 12.28. Șubăr de aer: *1* — lamă; *2* — cutie de etanșare; *3* — flanșă; *4* — găuri pentru fixarea lamei în poziția dorită.

Șubărele (fig. 12.28) sînt dispozitive de reglare ce se prevăd în instalații la care debitele de aer se schimbă de la o perioadă la alta. Se plasează în general în spatele prizelor de aer sau după gura de refulare a ventilatorului.

Șubărul este alcătuit din: o lamă, glisierele între care se poate deplasa lama de închidere, flanșele pentru îmbinarea cu canalul de aer, cutia de etanșare și dispozitivul de fixare a lamei în poziția dorită.

Lama șubărului trebuie să fie perfect plană, pentru a nu se bloca cînd este deplasată între glisiere, iar materialul din care se execută trebuie să aibă suficientă grosime, spre a se asigura rigiditatea necesară și nu a vibra sub acțiunea curentului de aer. Pe lamă se prevăd gradații care să indice gradul de deschidere al șubărului. În poziția complet deschisă, lama trebuie să lase complet liberă secțiunea canalului, astfel ca trecerea aerului să nu întîmpine rezistențe.

Glisierele se execută cu exactitate și fără deformații, spre a asigura în poziția închisă a șubărului o etanșeitate suficientă pentru a opri trecerea aerului.

Șubărul trebuie să aibă o manevrare ușoară.

Se pot realiza și șubăre fără cutie de etanșare, dar se recomandă a se evita utilizarea lor, deoarece dau loc la pierderi mari de aer.

Din cauză că sînt mari și necesită în plus spațiu pentru manevrare, șubărele descrise nu se folosesc decît pe canale de aer cu dimensiunea pînă la 500 mm.

Pe canalele de aer orizontale, șubărele se montează astfel ca lama lor să se afle în poziție verticală, iar acționarea ei să se facă pe deasupra.

Pentru canale cu dimensiuni mai mari de 500 mm se montează două șubăre în paralel. Șubărele se mai pot monta și oblic pe axa canalului, în special la instalațiile de transport pneumatic (fig. 12.29).

Pentru a nu produce perturbații în circulația aerului în canale, dispozitivele de reglaj (clapete sau șubăre) nu se montează în imediata apropiere a curbelor, ramificațiilor, ventilatoarelor etc., ci la o distanță de acestea egală cu circa de patru ori diametrul sau latura canalului.

Scanned with OKEN Scanner

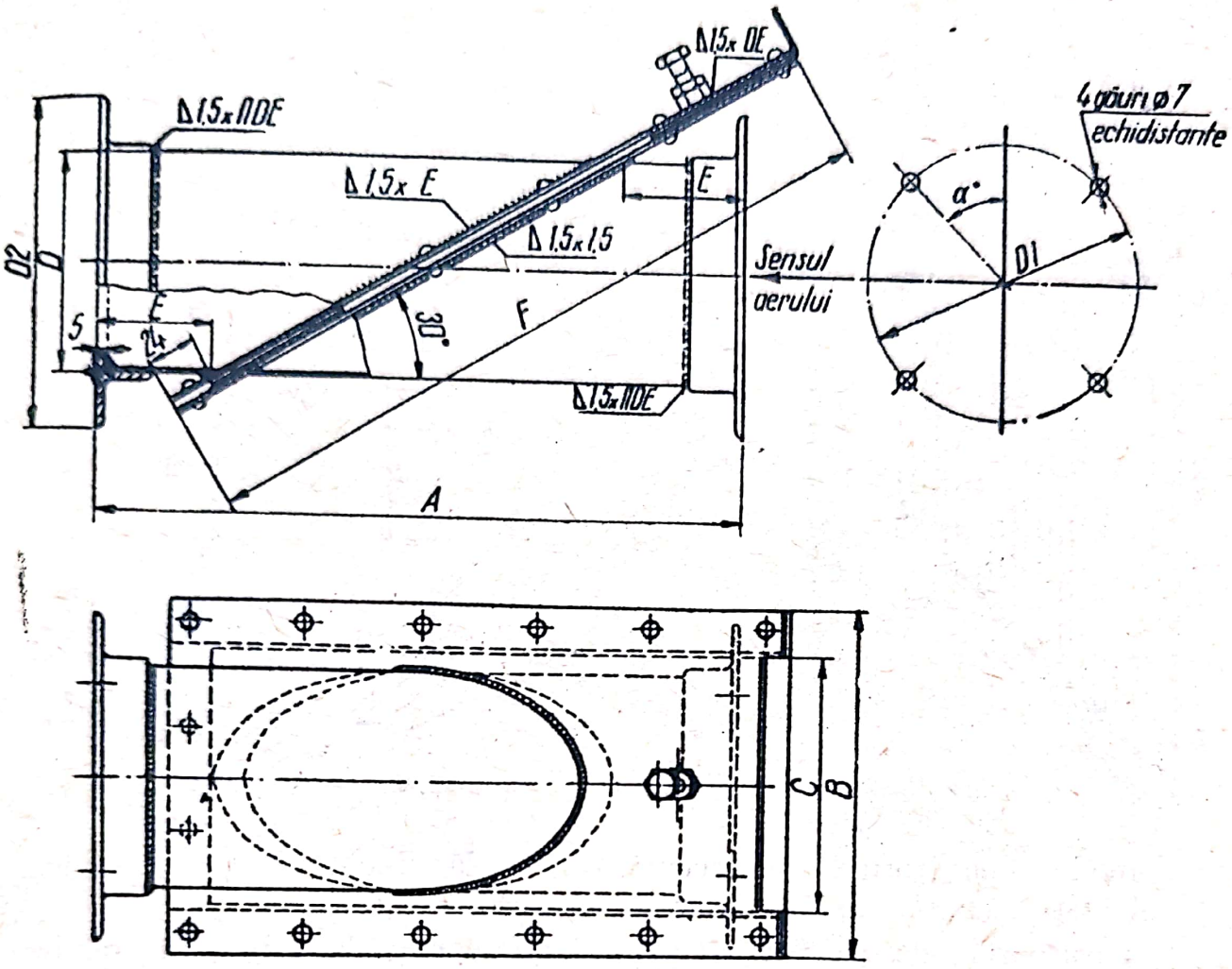


Fig. 12.29. Șubăr înclinat.

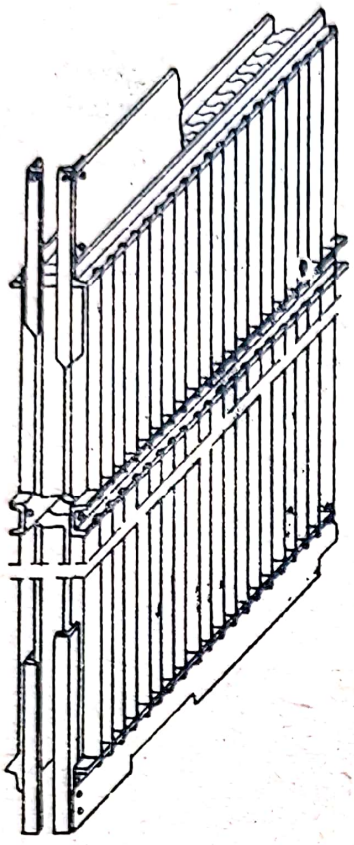
La instalațiile de transport pneumatic, pentru obturarea canalelor de aer, se folosesc șubăre înclinate (fig. 12.29), acționate manual, al căror montaj se face în sensul de circulație a aerului indicat de săgeata de pe figură spre a se evita depunerile.

6. SEPARATOARE DE PICĂTURI

Pentru a opri transportul picăturilor de apă ce au servit la umidificarea aerului, camerele de aer se prevăd cu separatoare de picături (fig. 12.30). În unele cazuri, acest fel de separatoare se pot prevedea pe canalele de aer sau chiar la gurile de aer (la prize).

Separarea aerului de picăturile de apă se realizează trecînd aerul printr-o serie de șicane. La schimbarea direcției de mișcare a aerului, picăturile de apă se lovesc de pereții separatorului și se scurg în jos, părăsind curentul de aer.

Scanned with OKEN Scanner



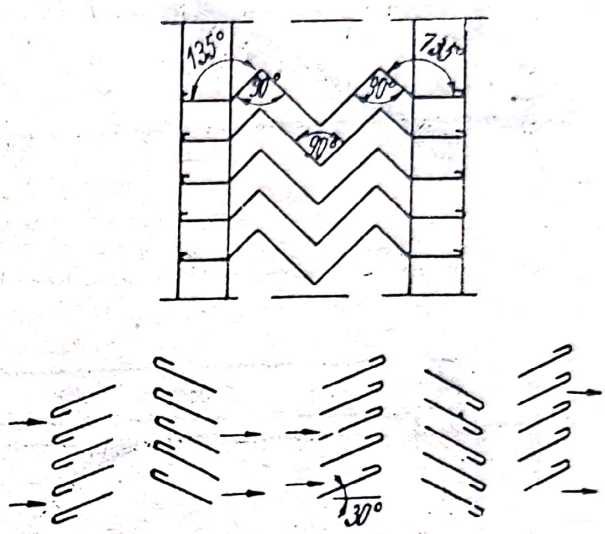


Fig. 12.30. Separator de picături.

Lamele separatorului se execută din tablă zincată sau din sticlă, totul dispus într-o ramă sau cutie metalică.

Separatoarele de picături se prevăd adeseori și la aspirațiile de la utilaje cu umiditate ridicată în interior (agregate de pregătire a suprafețelor înainte de vopsire) sau care folosesc hidrofiltrul pentru purificarea aerului anterior evacuării în exterior (cabine de vopsire).

C. EXECUTAREA ELEMENTELOR INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE

Execuția instalațiilor de ventilare și condiționare a aerului cu canale din tablă de oțel comportă următoarele lucrări combinate, de tinichigerie și lăcătușărie : trasarea, tăierea tablelor, fălțuirea, rotunjirea tablei etc.

1. TRASAREA

Trasarea este operația prin care se marchează liniile după care urmează a fi prelucrat sau tăiat materialul în vederea execuției pro-

Scanned with OKEN Scanner

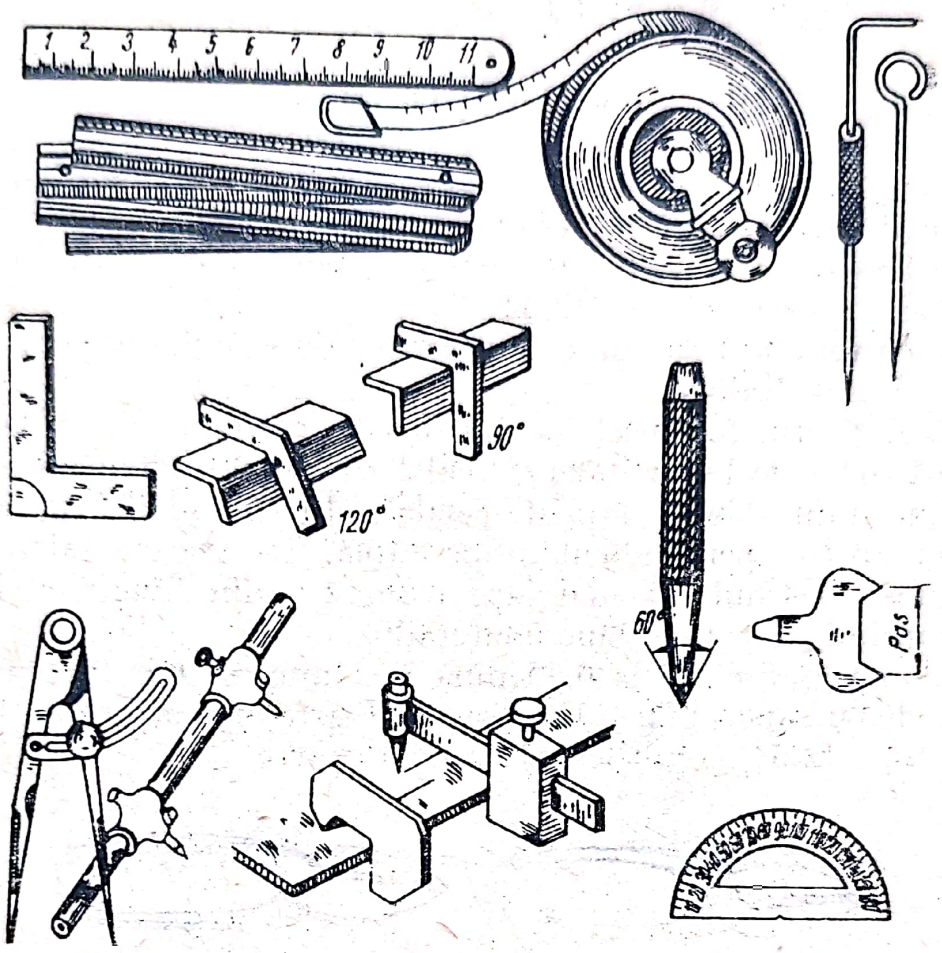


Fig. 12.31. Instrumente de trasare.

priu-zise. Pentru trasare sînt necesare următoarele instrumente (fig. 12.31) : riglă din oțel gradată, de 1 m lungime ; metru metalic sau din lemn, articulat, de 1—2 m lungime ; ruletă metalică, echere metalice de diferite dimensiuni, compas cu arc și compas cu bară ; punctator ; ace pentru trasare ; raportor și echer-raportor ; paralel și distanțiere.

Pentru însemnarea pe tablă a punctelor și a locurilor în care se vor executa găuri se folosește punctatorul.

Acele de trasat, din sîrmă sau din oțel cu mîner, servesc pentru trasarea pe tablă a desfășuratelor sau a părților componente ale canalelor de aer.

Pentru trasarea pe tablă a unor linii paralele cu un plan dat se utilizează paralelul.

Pentru trasarea pe tablă a unei linii drepte paralelă cu marginea tablei se folosește distanțierul, cu deschidere constantă sau cu deschidere variabilă.

Scanned with OKEN Scanner

2. TĂIEREA TABLELOR

După trasare, părțile componente ale canalelor de aer se croiesc prin tăiere.

Tablele cu grosimea pînă la 0,75 mm se pot tăia manual cu ajutorul foarfecelui de mînă. Lamele acestuia trebuie să fie bine ascuțite, spre a nu produce bavuri. Se fabrică foarfece pentru tăiere pe dreapta și pentru tăiere pe stînga (fig. 12.32).

Tăierea cu foarfecele de mînă se execută după liniile de trasare marcate pe suprafața tablei.

În timpul tăierii, foarfecele se sprijină în permanență cu lama inferioară pe bancul de lucru, tăierea realizîndu-se prin strîngere cu mîna a celor două mînere unul față de celălalt. În timpul tăierii, foarfecele se ține în poziție perpendiculară pe tablă. La fiecare tăiere, lamele foarfecelui se deschid cît mai larg (cam 2/3 din lungimea lamelor), spre a cuprinde cît mai bine materialul.

Tablele mai groase, de la 0,75 pînă la 2 mm, se pot tăia pe șantier cu foarfecele cu suport (fig. 12.33) sau cu foarfecele cu pîrghie și contragreutate (fig. 12.34), ambele acționate manual.

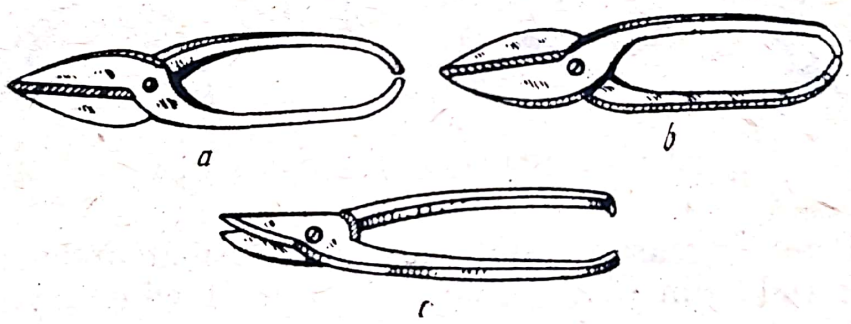


Fig. 12.32. Foarfece de mînă :
a — cu lame drepte pentru tăiere pe stînga ; *b* — cu lame drepte pentru tăiere pe dreapta : *c* — cu lame curbe.

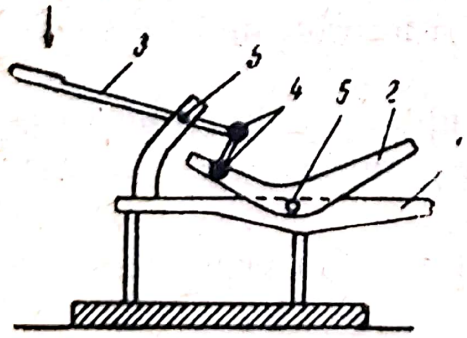


Fig. 12.33. Foarfece cu suport :
1 — lamă fixă ; *2* — lamă mobilă ; *3* — pîrghie ; *4* — articulații fixe ; *5* — articulații mobile.

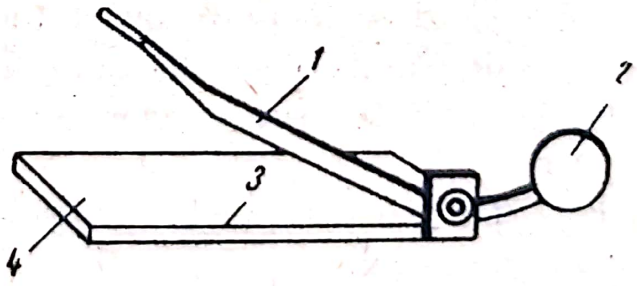


Fig. 12.34. Foarfece cu pîrghie și contragreutate :
1 — pîrghie ; *2* — contragreutate ; *3* — muchie tăietoare ; *4* — masă metalică.

Scanned with OKEN Scanner

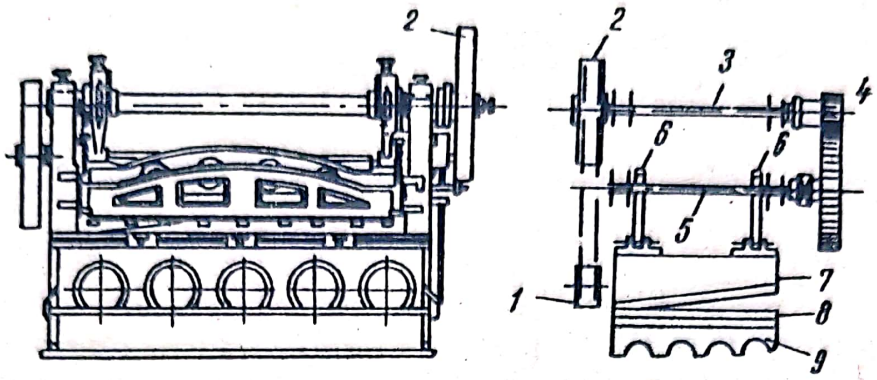


Fig. 12.35. Foarfece ghilotină :

1 — şaibă-motor electric ; *2* — şaibă-foarfece ; *3* — ax de transmisie ; *4* — roţi dinţate ; *5* — ax de lucru ; *6* — mecanism bielă-manivelă ; *7* — cuţit mobil ; *8* — cuţit fix ; *9* — postament.

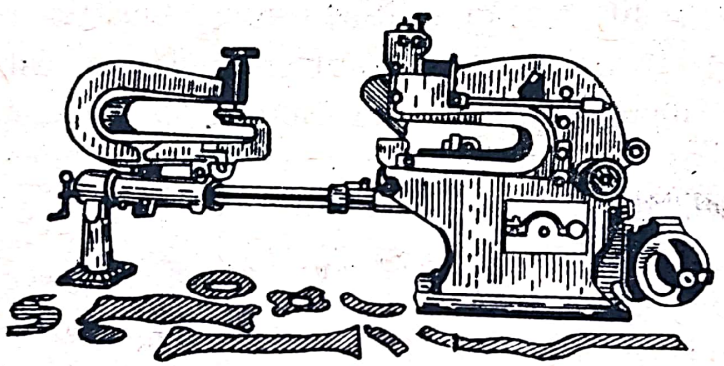


Fig. 12.36. Foarfece cu role.

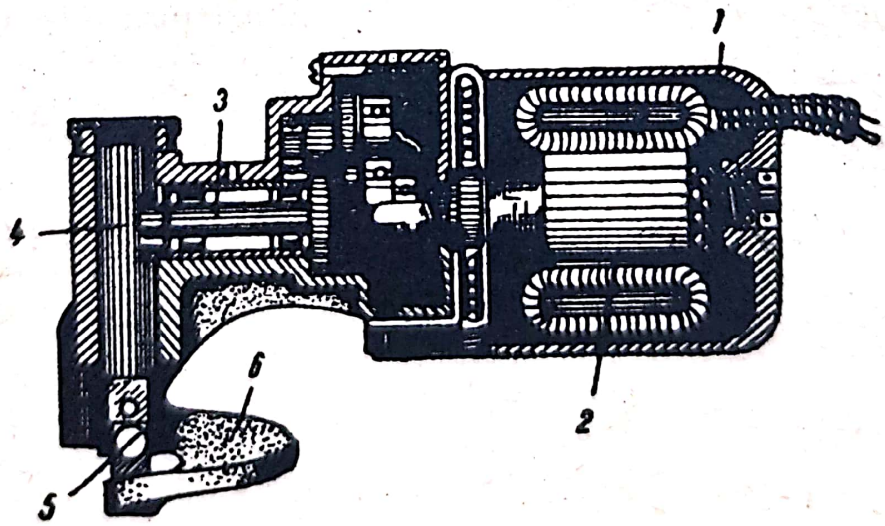


Fig. 12.37. Foarfece electric de mînă :

1 — corp ; *2* — motor electric ; *3* — excentric ; *4* — ax ; *5* — cuţit superior ; *6* — ghidaj.

Scanned with OKEN Scanner

Tabla se taie mult mai repede și cu efort minim, folosind mijloace mecanizate ca : foarfece cu cuțit vibrator, foarfece tip ghilotină, foarfece cu role sau foarfece speciale de mînă, toate acționate electric (fig. 12.35, 12.36 și 12.37).

Foarfecele cu suport, foarfecele cu pîrghie și contragreutate și foarfecele-ghilotină se folosesc pentru tăieturi drepte. Foarfecele cu cuțit vibrator, foarfecele cu role și foarfecele electric de mînă servesc atît la tăierea contururilor drepte, cît și a celor curbe.

Foarfecele cu cuțit vibrator permite a se executa și tăieturi cu contur închis, fără găurirea prealabilă a tablei. Foarfecele cu role pot fi acționate mecanic, cu motor electric propriu, sau manual.

3. FĂLȚUIREA

După ce tabla a fost croită la dimensiune, bucățile rezultate se încheie între ele, pentru a se obține desfășurarea sau conturul canalului.

Piesele se pot încheia prin fălțuire, sudură, lipire sau nituire. În lucrările de ventilare și condiționare a aerului îmbinarea prin fălțuire este cea mai utilizată.

Falțul reprezintă o îmbinare între două table, care se prind una de cealaltă prin marginile lor îndoite și bine presate.

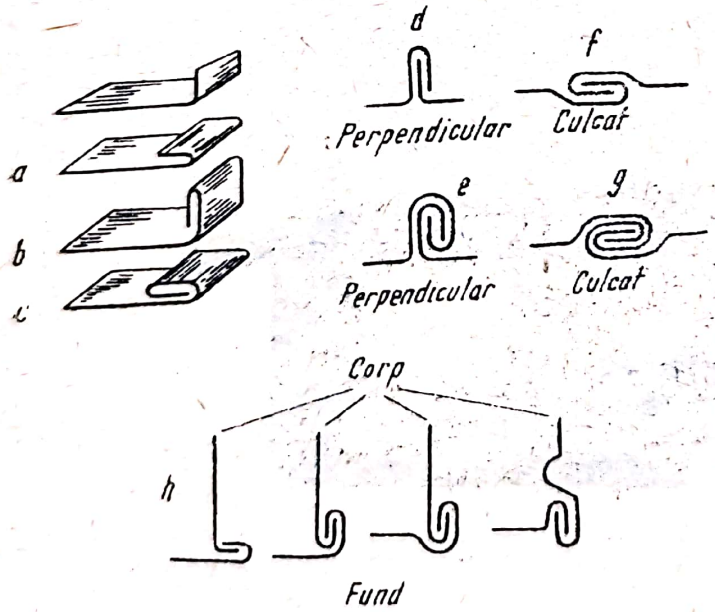


Fig. 12.38. Forma falțurilor :
a — simplu ; *b* — cu o îndoitură ; *c* — dublu ; *d* — simplu perpendicular ; *e* — dublu perpendicular ; *f* — simplu culcat ; *g* — dublu culcat ; *h* — simplu de colț.

După felul îmbinării, falțurile (fig. 12.38) se pot grupa în falțuri simple, duble, combinate și de colț ; după formă, se clasifică în falțuri perpendiculare și culcate ; iar după poziție, în transversale și longitudinale.

Falțul simplu culcat se folosește pentru îmbinările longitudinale ale canalelor de aer de orice dimensiuni, precum și la piesele din instalațiile de ventilare care nu necesită o rezistență și etanșeitate mare.

Scanned with OKEN Scanner

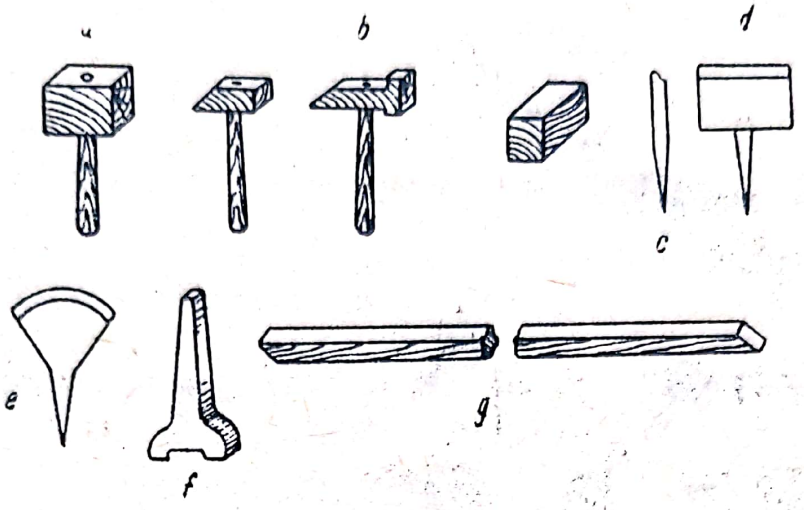


Fig. 12.39. Scule pentru executarea manuală a falțurilor.

Falțul dublu culcat se folosește la îmbinările longitudinale și acolo unde se cere o etanșeitate și o rezistență mare a îmbinării.

Pentru a obține o rigiditate mai mare a canalelor de aer, se folosesc falțurile perpendiculare simple sau duble.

Falțul combinat înlocuiește falțul dublu și este aproape tot atît de rezistent. Se întrebuințează acolo unde nu se poate executa falțul dublu (spre exemplu, la piesele lungi de 2—3 m).

Falțul de colț se folosește pentru îmbinarea colțurilor canalelor cu secțiune drepunghiulară.

Îmbinarea fălțuită trebuie să aibă aceeași lățime pe toată lungimea ei. După strîngerea îmbinării cu falț, suprafața acestuia trebuie să fie netedă.

Falțurile se pot executa, de asemenea, manual sau mecanic. La executarea manuală a falțurilor se folosesc următoarele scule (fig. 12.39): ciocan de lemn (fig. 12.39, *a*), ciocan de tinichigerie (fig. 12.39, *b*), daltă de fălțuit (fig. 12.39, *c*), nicovală dreaptă (fig. 12.39, *d*), nicovală ovală (fig. 12.39, *e*), contra de mînă (fig. 12.39, *f*) și bară de oțel (fig. 12.39, *g*).

■ *Executarea falțului simplu culcat.* Pe tablă se trasează linia de îndoire, după care se așază pe bancul de lucru astfel ca linia trasată să coincidă cu muchia cornierului fixat pe bancul de lucru (fig. 12.40, *a* și *b*). Se îndoaie marginea tablei în jos, cu ajutorul ciocanului de lemn, așa încît să formeze un unghi de 90° (fig. 12.40, *c*). Apoi se întoarce tabla cu marginea îndoită în sus (fig. 12.40, *d*), iar cu ajutorul ciocanului de lemn se îndoaie marginea în așa fel încît între tablă și marginea îndoită să mai rămînă un spațiu mic (fig. 12.40, *e*). În mod similar se îndoaie marginea și la a doua tablă, care se îmbină cu prima (fig. 12.40,

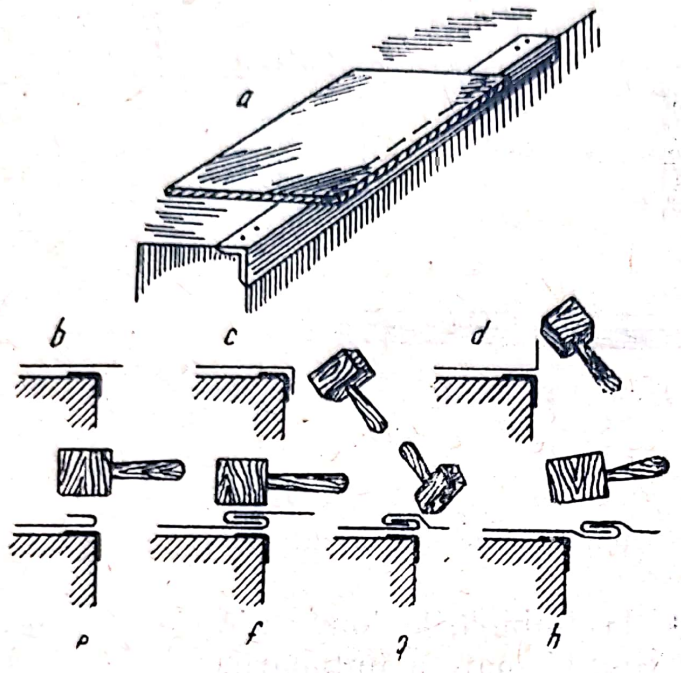


Fig. 12.40. Executarea falțului simplu culcat.

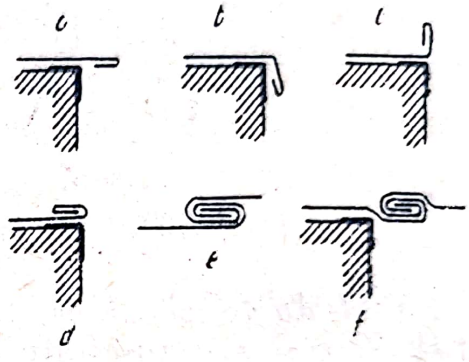


Fig. 12.41. Executarea falțului dublu culcat.

f, *g* și *h*), introducîndu-se marginile îndoite una într-alta. La marginile falțului, tabla care formează pereții canalului se îndoaie astfel încît cele două table îmbinate să rămînă în același plan.

■ *Executarea falțului dublu culcat.* Pe una din table se trasează dublul lățimii falțului, iar pe a doua, triplul lățimii falțului. Îmbinarea se execută în felul următor (fig. 12.41) : marginea tablei se îndoaie pe o lățime mai mică cu 3—4 mm decît lățimea falțului, în funcție de lățimea acestuia, formîndu-se un falț simplu culcat (fig. 12.41, *a*). După aceasta tabla se întoarce cu partea îndoită în jos și se execută o a doua îndoitură, cu ajutorul ciocanului de lemn, la o distanță cu 1 mm mai mică decît lățimea falțului (fig. 12.41, *b*). Apoi se întoarce din nou tabla și partea îndoită se înclină spre tablă sub un unghi de circa 45° (fig. 12.41, *c*, *d*). În mod similar se îndoaie și marginea celeilalte table, după care falțurile a două table vecine se introduc unul în altul (fig. 12.41, *e*) prin părțile laterale și se strîng prin batere cu ciocanul de lemn (fig. 12.41, *f*).

Executarea falțului perpendicular, simplu sau dublu. Se trasează pe tablă o distanță cu 5—6 mm mai mare decît lățimea falțului, în funcție de lățimea acestuia. Se așază tabla pe șina de lucru astfel ca linia trasată să coincidă cu muchia șinei și se îndoaie marginea cu lovituri ușoare date cu partea îngustă a ciocanului. Îndoirea se realizează uniform pe toată lungimea falțului, pînă cînd marginea îndoită devine per-

Scanned with OKEN Scanner

pendiculară pe suprafața tablei. După aceasta marginea se netezește cu partea lată a ciocanului. Apoi se face o bordură avînd o lățime în funcție de lățimea falțului. La cealaltă tablă se execută, de asemenea, o bordură în funcție de lățimea falțului, după care se introduce această tablă în cea dintîi. Apoi se îmbină amîndouă piesele cu ciocanul, pe bară, formînd un falț perpendicular pe suprafața piesei (fig. 12.42, *a* și *b*).

Pentru a obține falțul culcat, falțul perpendicular se îndoaie pe bară și se strînge cu ciocanul de lemn (fig. 12.42, *c*).

Falțul trebuie să fie etanș, fără spații și întreruperi. Suprafața interioară a îmbinării trebuie să fie netedă.

Falțul dublu perpendicular sau culcat se execută la fel ca și falțul simplu.

Acest falț se îndoaie și se culcă pe contra cu ciocanul, formînd falț dublu perpendicular. Pentru obținerea falțului culcat, falțul perpendicular se culcă și se presează pe șină cu ciocanul de lemn.

Executarea falțului simplu de colț (fig. 12.43). Acest falț se execută similar cu falțul simplu obișnuit. Pentru asamblarea pieselor și încheierea falțului de colț, tabla cu marginea îndoită perpendicular se așază pe marginea bancului și peste ea se prinde a doua tablă, cu marginea îndoită culcat.

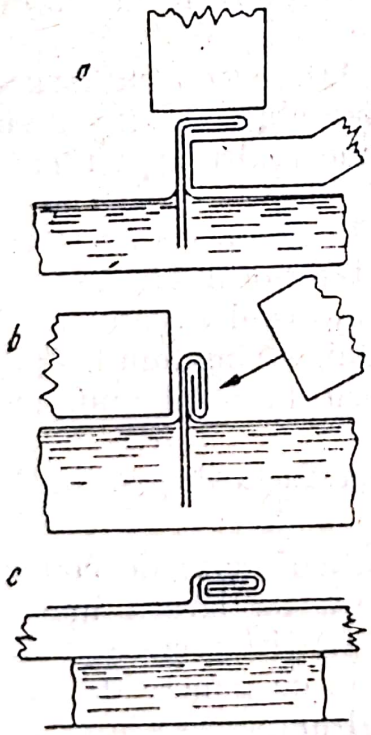


Fig. 12.42. Executarea falțului perpendicular și culcat.

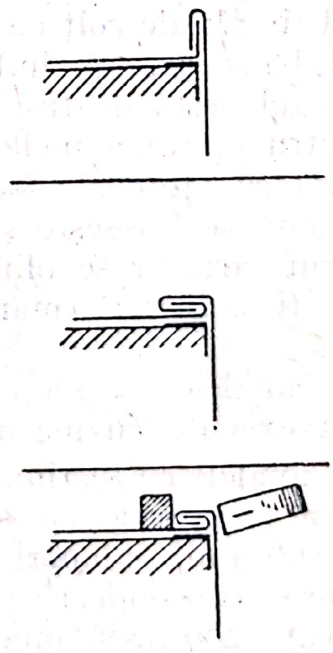


Fig. 12.43. Executarea falțului simplu de colț.

Scanned with OKEN Scanner

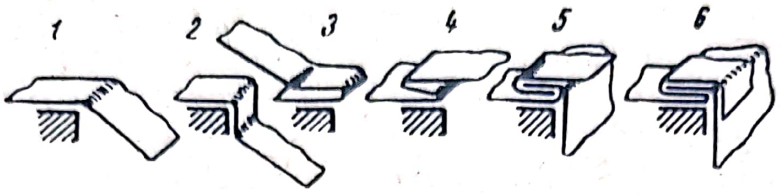


Fig. 12.44. Executarea falțului combinat de colț.

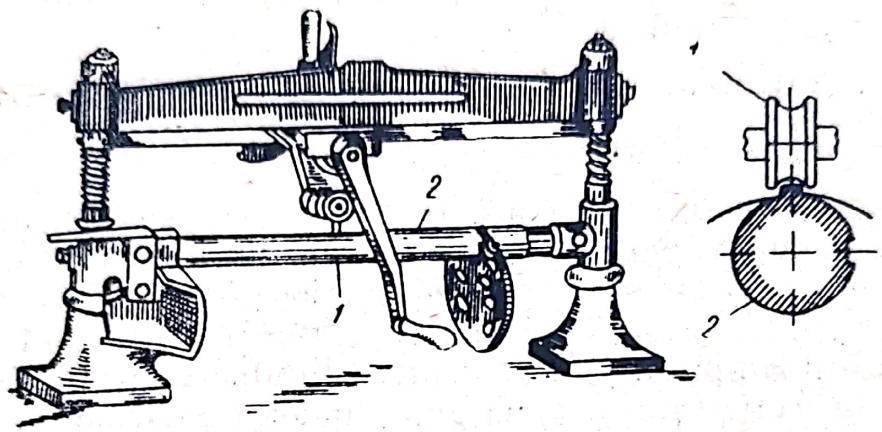


Fig. 12.45. Mașină cu role pentru presat falțuri:
1 — rolă; *2* — cărucior.

După aceasta falțul se strînge, se culcă și se netezește cu ciocanul de lemn și contra de mînă.

Executarea falțului combinat de colț (fig. 12.44). Se execută similar cu cel simplu de colț cu deosebirea că lățimea marginii îndoite a uneia din tablele care se îmbină este egală cu lățimea falțului, iar la cealaltă tablă este de trei ori mai mare.

Pentru presarea încheieturilor falțurilor, pe lîngă operația efectuată manual cu ajutorul ciocanului de lemn, prin interiorul sau exteriorul canalului, se folosește și presajul mecanic cu ajutorul mașinii cu role al cărui cărucior se plimbă pe lungimea falțului, strîngîndu-l. Mașina poate fi acționată manual (fig. 12.45) sau cu ajutorul unui motor electric.

La canalele cu secțiune circulară încheierea falțurilor și presarea se pot executa cu mașina de zicuit.

La canalele cu secțiune circulară cu diametrul mai mare de 600 mm, precum și la cele cu secțiunea dreptunghiulară cu latura mare de peste 600 mm, îmbinările cu falț simplu culcat, longitudinale sau transversale se consolidează prin nituri (fig. 12.46) sau cu puncte de sudură la fiecare 250—350 mm, pe toată lungimea falțului.

Fig. 12.46. Consolidarea unei îmbinări.

Scanned with OKEN Scanner

4. ROTUNJIREA TABLEI

Secțiunea circulară a canalelor se obține prin rotunjirea tablei manual sau cu mașina.

■ Rotunjirea pe cale manuală se realizează pe o țeavă rotundă, pe o șină sau bară, mai întîi cu mîna și apoi cu ciocanul de lemn. La început se îndoaie marginile pentru falț ; după rotunjire, piesa se încheie cu falț și se rotunjește definitiv.

■ Pe cale mecanică rotunjirea se execută cu ajutorul mașinii de vălțuit, acționată manual sau electric. Mașina este formată din doi cilindri, care se rotesc în sens contrar în jurul axelor lor, introducînd tabla în mașină, și un al treilea cilindru, cu poziție reglabilă, care dă curbura canalului (fig. 12.47).

5. ÎNFĂȘURAREA SÎRMEI PE TABLĂ

Pentru mărirea rezistenței pieselor de tablă se execută întăriturii formate din sîrme de grosimi diferite, peste care se înfășoară marginile tablei (fig. 12.48).

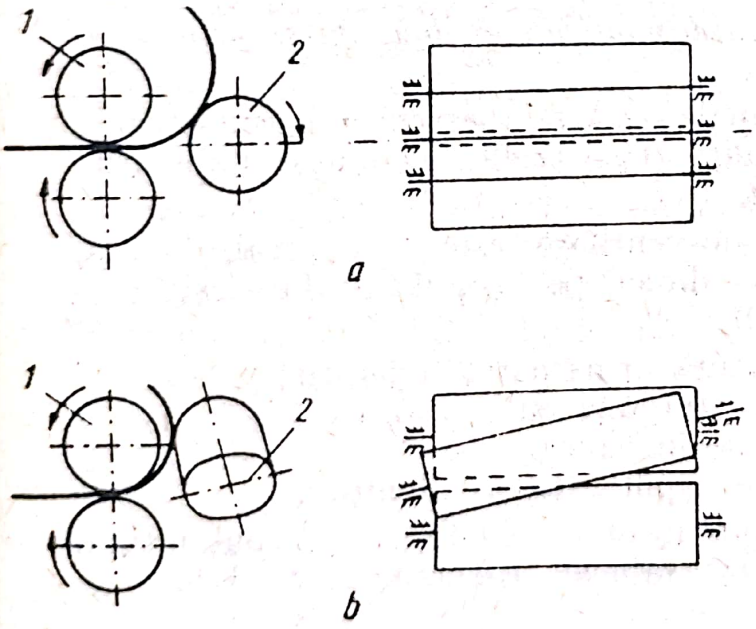


Fig. 12.47. **Principiul de funcționare a mașinii** de vălțuit :

a — vălțuire dreaptă pentru canale cilindrice ; *b* — vălțuire oblică pentru piese conice ; *1* — cilindru de dirijare a tablei ; *2* — cilindru de curbare.

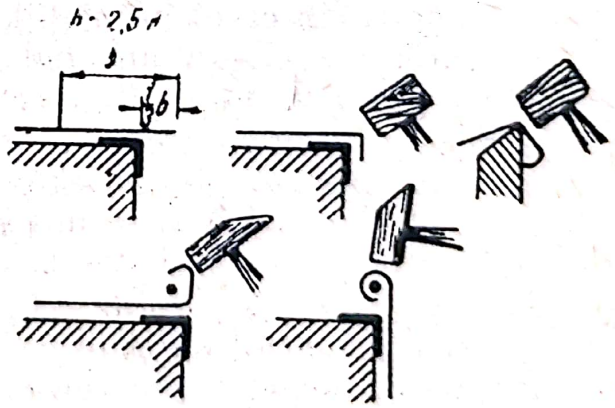


Fig. 12.48. Întărirea pieselor din tablă.

Înfășurarea se poate realiza manual, la bancul de lucru, cu ajutorul ciocanului de lemn și al ciocanului de tinichigerie. Marginea tablei care se înfășoară nu trebuie să aibă o lățime mai mare de 2,5 ori diametrul sîrmei.

6. ÎMBINĂRI PRIN LIPIRE ȘI NITUIRE

La o serie de lucrări de tinichigerie din cadrul instalațiilor de ventilare este necesar să se execute îmbinări etanșe și nedemontabile.

■ *Lipirea constă din unirea a două sau mai multor piese metalice, cu ajutorul unui material metalic străin (aliaj).*

Pentru ca lipirea să se realizeze în bune condiții este necesar ca suprafața pieselor ce se lipesc să fie curată, de aceea se face o curățare mecanică și una chimică. Pentru piesele instalațiilor de ventilare confecționate din tablă zincată se folosesc aliaje de cositor-plumb.

Sculele întrebuințate pentru lipit sînt : ciocanele de lipit, aparatele de încălzit și alte scule ajutătoare.

Ciocanele de lipit pot fi simple, încălzite cu benzină și ciocane electrice. Pentru încălzirea ciocanului simplu și a metalelor de lipit se întrebuințează lampa de benzină.

■ *Nituirea constă în îmbinarea nedemontabilă a două piese prin intermediul niturilor.*

În instalațiile de ventilare (canale de aer, aparate etc.), nituirea se execută la rece cu scule obișnuite (fig. 12.49), deoarece îmbinările nu au de suportat eforturi mari.

Nituirea, în cazul instalațiilor de ventilare, este, în general, directă, loviturile de ciocan aplicîndu-se direct pe corpul nitului, ieșit deasupra piesei de nituit (fig. 12.50).

Pentru nituirea directă se execută următoarele operații :

— se trasează găurile, care se străpung cu un dorn ;

— se alege nitul și se introduce în gaură ;

— se așază contrabuterola sub capul existent al nitului ;

— se așază trăgătorul deasupra nitului, astfel încît corpul nitului să intre înăuntrul lui și se presează tablele, aplicîndu-se 2—3 lovituri de ciocan, nu prea puternice ;

— se retrage trăgătorul și se turtește capul nitului, cu lovituri de ciocan ;

— se dă forma definitivă capului de nit format, aplicîndu-se pe acesta buterola și dînd o serie de lovituri de ciocan.

Scanned with OKEN Scanner

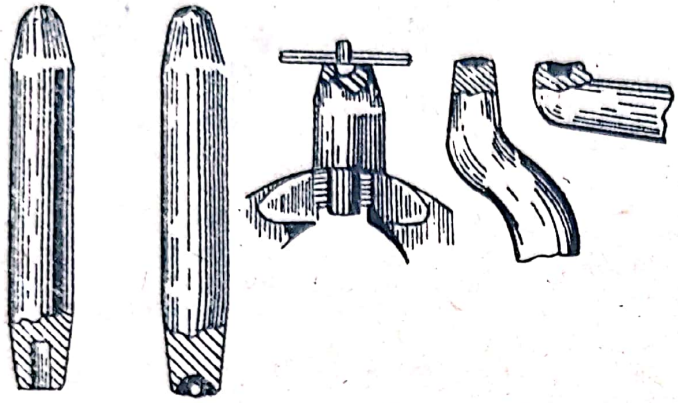


Fig. 12.49. Scule pentru nituire.

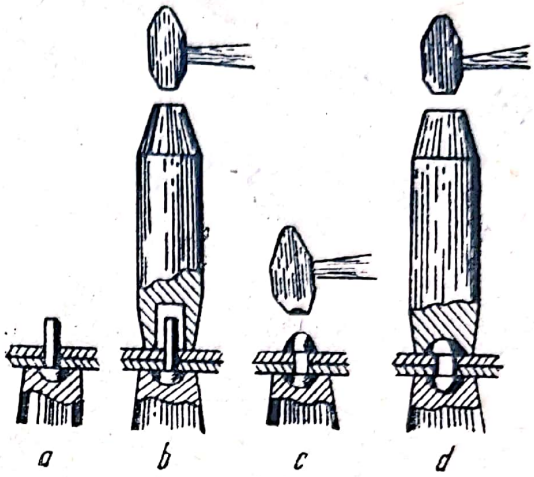


Fig. 12.50. Operațiile de nituire directă :

a — introducerea nitului și așezarea contrabuterolei ; *b* — presarea tablelor în jurul găurii ; *c* — lovirea și turtirea nitului ; *d* — formarea capului.

7. ÎNDREPTAREA MATERIALULUI

Îndreptarea urmărește înlăturarea diferitelor defecte, ca : îndoituri, umflături, adînciturі sau ondulații, pe care le are materialul.

■ Îndreptarea manuală se execută cu ajutorul ciocanelor confecționate din lemn, cauciuc sau oțel (fig. 12.51). Ciocanele de lemn sau de cauciuc se folosesc, în special, la îndreptarea tablelor de oțel mai subțiri, precum și a celor făcute din metale și aliaje neferoase ca aluminiu, aramă etc. Ciocanele de oțel sînt utilizate pentru îndreptarea tablelor din oțel și pentru cele din metale neferoase care nu se pot îndrepta cu ciocanul de lemn.

Îndreptarea manuală se face pe nicovale de diferite forme (fig. 12.52). Pentru lucru, nicovalele se prind cu partea de jos în menghina de pe bancul de lucru sau în butuci de lemn.

Tabla se îndreaptă pe plăci de îndreptat, cu suprafețe netede și curate din fontă sau oțel. Locurile în care se constată umflături se înseamnă prin încercuire cu creta. Apoi tabla se așază pe placa de îndreptat, pe care se ține cu mîna stîngă și cu dreapta se aplică lovituri cu ciocanul pe locul încercuit. Baterea se efectuează de la marginea umflăturilor spre centrul lor (fig. 12.53), iar loviturile trebuie să fie cu atît mai slabe și mai dese cu cît baterea înaintează spre centrul acestora. Dacă s-ar bate cu ciocanul direct pe umflătură s-ar provoca mărirea dimensiunilor umflăturii, deci defectul s-ar mări.

Scanned with OKEN Scanner

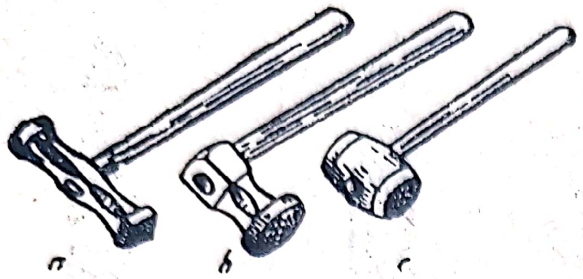


Fig. 12.51. Ciocane pentru îndreptare : *a* — din oțel, cu două capete ; *b* — din oțel, cu un capăt ; *c* — din lemn sau cauciuc.

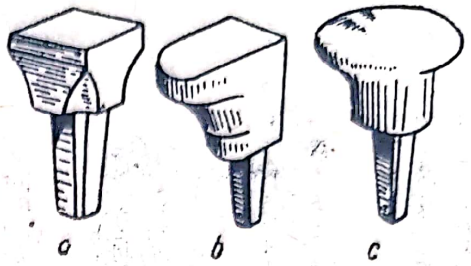


Fig. 12.52. Nicovale pentru îndreptare : *a* — dreptunghiulară ; *b* — semiovală ; *c* — bombată.

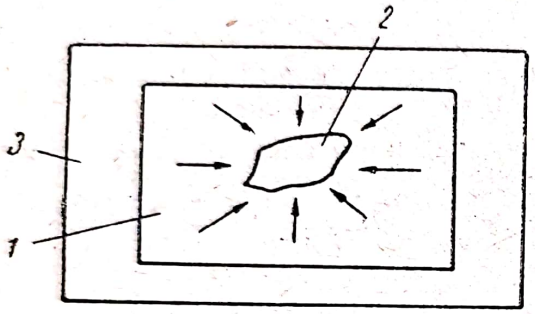


Fig. 12.53. Îndreptarea manuală a tablei : *1* — tabla ; *2* — umflătura marcată cu creta ; *3* — placa de îndreptat.

De asemenea, nu trebuie bătut cu ciocanul de două ori pe același loc. ci totdeauna în alt loc, pentru ca tabla să nu crape. Cînd tabla are deformații pe margine, prezentînd ondulații, loviturile de ciocan se aplică tot ca anterior, dar din interior spre marginea tablei.

Îndreptarea mecanică a tablelor de oțel se realizează cu ajutorul mașinilor de îndreptat, numite *valțuri*, prevăzute cu un număr impar de cilindri, acționate manual sau prin motor electric, cu ajutorul preselor cu excentric sau cu ajutorul ciocanelor mecanice de netezit.

8. TĂIEREA METALELOR

■ Pentru tăierea manuală a metalelor se folosesc dălți de lăcătușărie, confecționate din oțel-carbon sau oțel de scule. Pentru tăierea cu dalta piesa se fixează în menghină, dalta se ține cu mîna stîngă cu tăișul spre piesa de tăiat, iar cu dreapta se lovește cu ciocanul.

O altă sculă folosită la tăierea manuală este și ferăstrăul manual, alcătuit dintr-un cadru metalic, cu mîner de apucat și pînză de tăiat. La capătul opus mînerului este dispozitivul de prindere și de întindere a pînzei de ferăstrău.

■ Tăierea se poate realiza și pe cale mecanică cu ajutorul ferăstraielor mecanice (cu mișcare alternativă, circulară sau cu panglică).

Scanned with OKEN Scanner

9. PILIREA

Operația de prelucrare a pieselor metalice la forma și dimensiunile necesare se execută cu pile, în special în cazurile cînd cantitatea de material ce trebuie îndreptată este mică.

Pentru pilire, piesele se prind în menghină, înainte fiind însă curățate de praf sau grăsime.

După felul suprafeței care se prelucrează se alege pila corespunzătoare. Se începe totdeauna pilirea cu o pilă cu dinți mari, trecîndu-se treptat la pila din ce în ce mai fine.

10. GĂURIREA

Scula utilizată pentru găurirea unei piese se numește burghiu, iar mișcările sînt executate cu mașina de găurit care poate fi manuală sau mecanică.

Anterior găuririi se execută, în piesă, o adîncitură cu un punctator ascuțit, pe locul în care trebuie să intre vîrful burghiului. Piesa se fixează în menghină sau pe masa mașinii de găurit în așa fel încît centrul găurii să coincidă cu vîrful burghiului.

D. PREFABRICAREA INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE

Pentru realizarea volumelor mereu crescînde ale lucrărilor de instalații de ventilare și de condiționare a fost necesar a se trece la metode de industrializare a lucrărilor.

Gradul de industrializare a lucrărilor de instalații se caracterizează prin indicele de folosire a prefabricatelor.

Prin prefabricare se înțelege confecționarea în industrie sau în ateliere de șantier, special amenajate, a unor ansambluri sau subansambluri ce fac parte dintr-o instalație și care pe șantier necesită o singură operație — montarea lor.

Introducerea prefabricatelor elimină în execuția lucrărilor metodele simple meșteșugărești, ridică gradul de industrializare a lucrărilor, aducînd o importantă contribuție la creșterea productivității muncii și a eficienței economice.

Prefabricarea lucrărilor de instalații de ventilare și de condiționare a aerului este condiționată de tipizarea lucrărilor de construcții și de toleranțele de execuție ale acestora, deoarece se știe că toleranțele

Scanned with OKEN Scanner

dimensionale în lucrările de construcții nu sînt aceleași ca în lucrările de instalații, fiind necesară o corelare a lor.

La executarea instalațiilor de ventilare-condiționare cu prefabricate există două metode principale de confecționare a elementelor și anume : prefabricarea uzinală, adică confecționarea elementelor prefabricate în fabrici specializate sau ateliere independente și prefabricarea la fața locului, în ateliere pe șantier, chiar lîngă locul de montaj.

■ *Prefabricarea uzinală* se realizează în unități speciale cu caracter permanent. În aceste condiții se poate lucra independent de condițiile atmosferice exterioare, în încăperi amenajate, asigurînd caracterul continuu industrial al producției și folosind cadre de muncitori permanenți. Fabrica sau atelierul specializat poate fi dotat cu cea mai înaltă mecanizare. Rentabilitatea prefabricării, în această metodă, rezultă din economiile de timp și manoperă realizate prin transferarea operațiilor simple (tăiere, fălțuire, găurire, filetare, sudare etc.), de pe șantier, în atelier, unde sînt executate în serie cu mașini cu productivitate înaltă.

În aceste ateliere se poate asigura un control continuu mai calificat al produselor, asigurîndu-se astfel și o calitate îmbunătățită a lucrărilor.

Unitățile industriale de prefabricate produc produse de bună calitate și controlate.

O mare deficiență a prefabricării industriale constă în faptul că elementele trebuie transportate pînă la șantier, ceea ce în general este foarte costisitor. Este drept că prin prefabricare se simplifică și se reduce drumul materialelor din magaziile centrale pînă la punctul de lucru, însă volumul transportului pieselor de ventilare prefabricate este crescut.

Dimensiunile elementelor instalațiilor de ventilare, limitate de posibilitățile de transport, impun anumite limite în dezvoltarea prefabricării uzinale a lor.

Prefabricarea uzinală este corespunzătoare numai pentru o producție în serie mare și, în special, pentru elemente tipizate. Datorită cerințelor producției în serie mare, numărul tipurilor de elemente se limitează, lucru de care trebuie să se țină seama și la proiectarea instalațiilor. La prefabricarea uzinală organizarea depozitării (stocajul) și manipularea ulterioară a produselor prezintă o problemă deosebită ale cărei dificultăți sînt mari.

■ *Prefabricarea pe șantier* constă în faptul că elementele instalațiilor de ventilare-condiționare se confecționează pe șantier. În asemenea condiții apar greutățile de pe șantiere, astfel : la fiecare șantier se

Scanned with OKEN Scanner

lucrează cu alți muncitori, lipsesc, de obicei, cadrele calificate de ventilatoriști, nu se poate aplica o mecanizare intensă.

În această metodă, mecanizarea, chiar în ateliere special amenajate, nu poate atinge un grad asemănător cu cea de prefabricare uzinală, pentru că lucrul în aceste condiții este totuși provizoriu, ține un timp scurt (1—2 ani) și, din această cauză, nu este rentabilă aplicarea unei mecanizări intense valabile pentru o uzină permanentă.

Pe șantiere și în atelierele din cadrul acestora nu se dispune nici de un control la fel de bine dotat ca cel din uzinele de prefabricate.

Prefabricarea de șantier are față de cea uzinală importantul avantaj că elementele finite nu trebuie transportate la distanțe mari. Unele elemente ale instalațiilor de ventilare, confecționate pe șantier în ateliere, se și depozitează aici, astfel ca transportul lor să fie minim.

Din analiza clasificării prefabricării elementelor instalațiilor de ventilare-condiționare rezultă avantajele pe care le prezintă prefabricarea :

— organizarea industrială a lucrului prin condiții mai avantajoase de mecanizare (tinichigerie, lăcătușărie, sudură, confecții metalice etc.) ;
— se pot pune mai ușor în evidență avantajele tipizării ;
— activitatea pe șantier se limitează la montarea și asamblarea elementelor prefabricate ;
— condiții de lucru mai bune, în special pentru cadrele calificate ;
— reducerea timpului de execuție și a duratei lucrărilor ;
— reducerea necesarului de forțe de muncă ;
— contribuie la eliminarea caracterului sezonier al construcțiilor ;
— forțele de muncă pot fi folosite mai uniform, lucrarea poate avansa ritmic și în mod continuu ;
— se mărește productivitatea muncii ;
— descongestionarea spațiului de lucru pe șantiere ;
— folosirea rațională a materialelor ;
— creșterea calității lucrărilor ;
— reducerea prețului de cost.

Prin tipizarea unor elemente ale instalațiilor de ventilare-condiționare (guri de refulare și aspirație, flanșe, clapete, suporturi etc.) și prin stabilirea unor norme interne de producție se creează premisele pentru introducerea lor în producție de serie.

Acest sistem are inconvenientul că este dificil a se preciza volumul de producție al acestora, iar soluțiile unicat din diversele proiecte de execuție constituie o piedică în folosirea lor. Se produc stocuri supranormative, ceea ce face ca, uneori, eficiența economică să se reducă.

În cazul mai multor investiții similare, dată fiind identitatea mare a instalațiilor de ventilare-condiționare, se poate folosi metoda prefabricatelor pe stoc.

Scanned with OKEN Scanner

La lucrări cu caracter de unicat se recomandă metoda pieselor modulate (prefabricate în ansambluri sau piese detașate, parțial piese tipizate și parțial confecții pe bază de măsurări la fața locului). În atelier se execută toate operațiile pentru asamblare, pe șantier executîndu-se numai operațiile de montaj. În acest fel se execută următoarele repere pentru instalațiile de ventilare-condiționare :

— tuburi dreptunghiulare și rotunde de diferite dimensiuni, în tronsoane asamblabile prin flanșe ;
— piese speciale — teuri, pantaloni, reducții, coturi, curbe etc. ;
— piese pentru reglaj (șubăre, clapete, ghidaje, registre de jaluzele) ;
— guri de aspirație și refulare ;
— hote, deflectoare etc. ;
— separatoare de picături, filtre ;
— suporturi ;
— piese cu caracter de unicat sau de serie, pentru care nu se găsesc furnizori în industrie (camere de umidificare, camere de amestec, baterii răcire-încălzire, registre de pulverizare etc.).

■ Costul, uneori, foarte ridicat al suprafeței clădite a impus economii de spațiu și pentru instalațiile de ventilare-condiționare. Întrucît ele trebuie să satisfacă această cerință, precum și o gamă variată de condiții tehnice, s-a recurs la soluția subansamblurilor modulate care se pretează la tipizare, prefabricare și industrializare.

În acest fel principalele subansambluri modulate ale instalațiilor de ventilare-condiționare (cu excepția tubulaturii de distribuție și a gurilor de aer) sînt :

— filtrele de diverse tipuri (uscat, umed, chimic sau electric) ;
— schimbătoarele de căldură (baterii de încălzire-răcire) ;
— umidificatoarele de aer (cu duze de pulverizare, cu pulverizare prin discuri sau cu vaporizare) ;
— agregate de circulație a aerului.

Combinarea acestor subansambluri tipizate se alege în funcție de sistemul de instalație adoptat, mărimea acesteia și spațiul disponibil.

În vederea organizării și dimensionării, în cadrul unei întreprinderi de instalații, a unui atelier de prefabricate pentru ventilații este necesară stabilirea fluxului tehnologic al procesului de fabricație bazat pe următoarele elemente :

— stabilirea volumului de lucrări de ventilare și a indicatorilor de producție ;
— stabilirea volumului de lucrări de ventilare ce se pretează la prefabricare (tubulatură dreaptă, piese speciale, dispozitive de reglaj, guri de ventilație, susțineri etc.) ;

Scanned with OKEN Scanner

— stabilirea necesarului de operații simple în unități fizice (tăieri, reborduri, fălțuiri, sudură, găuriri, nituiri, flanșe etc.) ;
— stabilirea dotării cu utilaje și dispozitive, pe baza productivității și a gradului de încărcare și amplasarea acestora în fluxul tehnologic ;
— determinarea suprafeței sectorului de prefabricate (producție, depozitare, transport) ;
— prevederea posibilităților de dezvoltare.

Verificarea cunoștințelor

12.1. *Din ce material se recomandă să se confecționeze canalele de aer și piesele speciale pentru vehicularea aerului încărcat cu gaze și vapori corosivi :*
a) *din beton ;*
b) *din tablă zincată ;*
c) *din materiale plastice ?*

12.2. *Ce secțiune transversală se recomandă pentru canalele de aer în care se vehiculează aer încărcat cu particule solide în suspensie ?*
a) *pătrată ;*
b) *circulară ;*
c) *dreptunghiulară ?*

12.3. *La ce piese speciale se prevede dirijarea aerului :*
a) *cot rectangular cu raza mai mică decît latura secțiunii în planul în care se curbează axa canalului ;*
b) *cot cu secțiune circulară ;*
c) *cot rectangular cu $R = 2h$?*

12.4. *Care este cea mai bună amplasare a unei prize de aer proaspăt :*
a) *pe acoperiș ;*
b) *în peretele lateral al clădirii la o înălțime de 3 m ;*
c) *la nivelul solului ?*

12.5. *Care este montajul corect al unei guri de evacuare a aerului viciat :*
a) *pe perete alături de priza de aer proaspăt ;*
b) *alături de fereastra unei încăperi ;*
c) *pe acoperiș prin dispozitiv care să asigure aerului o direcție verticală ?*

12.6. *Cu foarfecele de mînă se poate tăia tablă avînd grosimea de :*
a) *0,75 mm ;*
b) *1,00 mm ;*
c) *1,25 mm ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 13

MONTAREA INSTALAȚIILOR

A. MONTAREA CONDUCTELOR DE AER

În instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului, la montarea canalelor de aer se ține seama în mod deosebit de aspectul lor în cadrul încăperii respective ; marginile lor trebuie să fie drepte și paralele cu elementele de construcție din apropiere, iar flanșele să fie montate perpendicular pe axa longitudinală a canalului.

■ În construcțiile civile, canalele de aer ce traversează încăperi principale se maschează cu rabiț, formînd astfel stîlpi sau grinzi false, care trebuie să se încadreze în arhitectura interioară a încăperii. Cînd situația locală permite, canalele se montează în nișe practicate în pereți sau în golul tavanelor duble. În încăperile de serviciu, poduri și subsoluri canalele se montează aparent.

■ În construcțiile industriale, canalele de aer se montează, de obicei, aparent, paralel cu elementele de construcție principale.

Canalele verticale nu trebuie să aibă o abatere de la verticală mai mare de 3 mm pe metru de înălțime. Canalele orizontale, în care este pericol să se producă condensări de vapori de apă, se montează cu o pantă de 1—1,5% spre dispozitivele de evacuare ; în acest caz trebuie să se ia măsuri de izolare termică în vederea reducerii condensării și să se evite montarea canalelor cu falțuri longitudinale în partea de jos.

Dispozitivele de închidere și reglaj trebuie să se monteze astfel încît să fie ușor accesibile ; dacă acestea trebuie manevrate curent în timpul exploatării, comanda lor trebuie să fie posibilă de la 1,2—1,5 m de la pardoseală.

Canalele orizontale montate lîngă pereți sau grinzi (fig. 13.1) sînt susținute pe console din oțel cornier de 20 × 20 × 2 pînă la 80 × 80 × × 8 mm, în funcție de dimensiunile canalelor de aer. Acestea se încastrează în pereți de cel puțin 25 cm grosime, fixîndu-se cu mortar

Scanned with OKEN Scanner

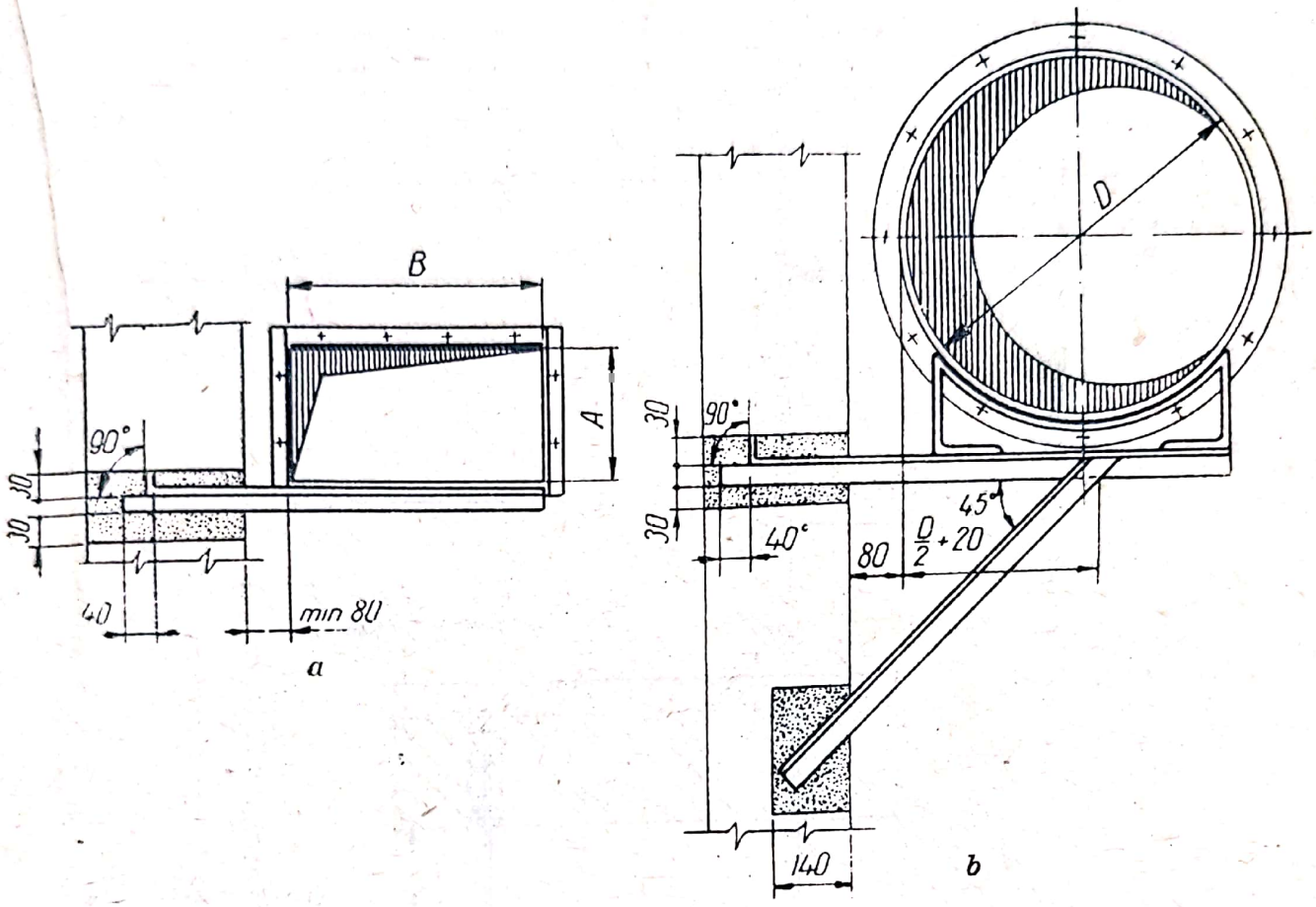


Fig. 13.1. Susținerea orizontală pe console:
a — pentru canale rectangulare avînd latura mare *B* pînă la 500 mm; *b* — pentru canale circulare cu *D*=500—2 000 mm.

de ciment. Canalele depărtate de perete (fig. 13.2) sînt susținute cu tiranți din oțel rotund avînd diametrul de 6—12 mm în funcție de dimensiunile canalului.

Susținerea canalelor de aer se pune la distanțe de cel mult 3 m pentru canale cu latura mare sau diametrul pînă la 400 mm și 4 m pentru dimensiuni mai mari de 400 mm.

Fiecare tronson de canal prevăzut la capete cu flanșe trebuie susținut independent prin cel puțin două dispozitive așezate simetric.

Susținerea nu se execută direct pe flanșe, ci prin brățări care trebuie să cuprindă strîns canalul de aer.

Canalele verticale se susțin prin brățări fixate sub flanșe (fig. 13.3). Canalele prin care circulă aer cu alte caracteristici decît ale aerului înconjurător (aer cald, aer rece, aer umezit etc.) trebuie izolate termic cu pîslă minerală, vată de sticlă sau alte materiale, în mod analog izolării conductelor termice. Canalele izolate care rămîn aparente se tencuiesc cu mortar din ipsos, clei și rumeguș de lemn și apoi se vopsesc, lăsîn-

Scanned with OKEN Scanner

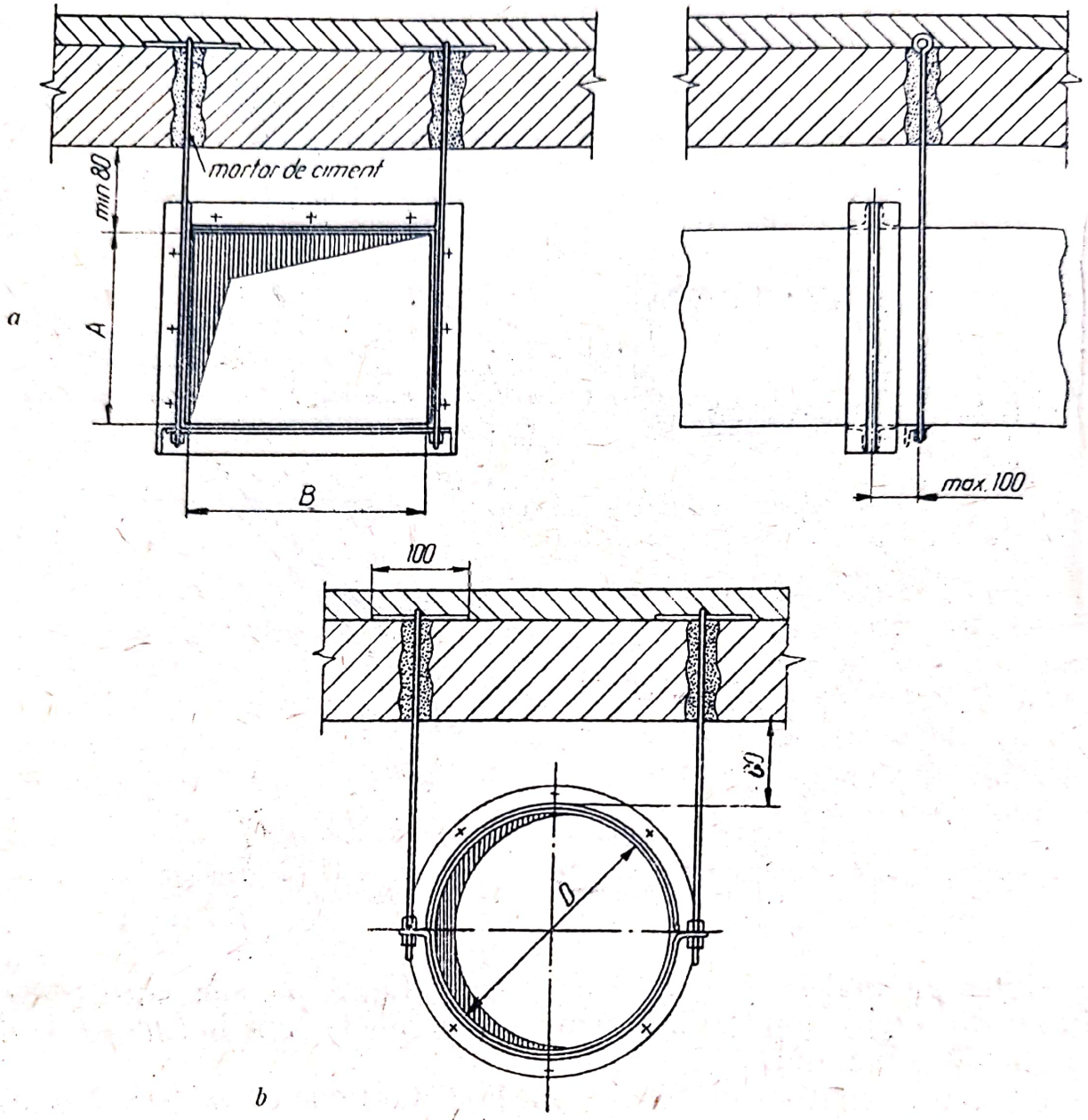


Fig. 13.2. Susținerea orizontală cu tiranți:
a — pentru canale rectangulare; *b* — pentru canale circulare cu *D*=280—2 000 mm.

du-se rosturile de dilatare corespunzătoare. Canalele izolate termic montate în spații umede trebuie protejate hidrofug prin înfășurarea cu carton bitumat, legat cu sîrmă zincată, și avînd rosturile sau întreaga suprafață etanșată cu bitum. Canalele care nu se izolează se vopsesc cu vopsea de ulei.

Canalele care trec prin încăperi în care se cere un anumit nivel de zgomot se izolează fonic.

Montarea canalelor se începe de obicei de la ventilator. Tronsoanele de canal și piesele de legătură, în special cele de dimensiuni mari, se

Scanned with OKEN Scanner

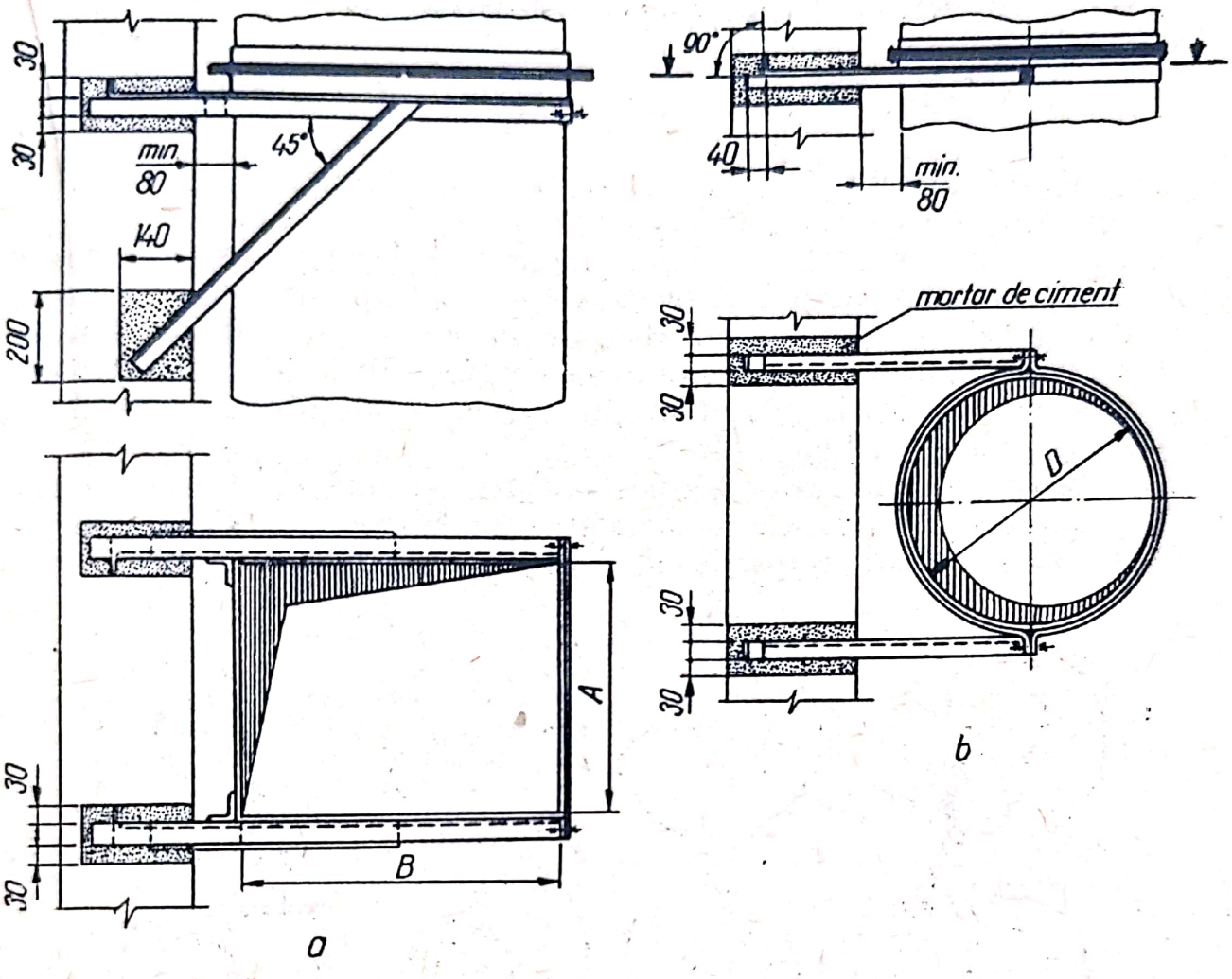


Fig. 13.3. Susținerea verticală :
a — pentru canale rectangulare avînd B=500—2 000 mm ; *b* — pentru canalele circulare cu D=100—800 mm.

ridică la locul de montare cu ajutorul scripeților și al troliilor. Piesele componente ale canalelor de aer se montează la început provizoriu, legîndu-se cu sîrme și, numai după ce se verifică corecta lor așezare, se fixează definitiv. Dispozitivele de susținere a canalelor se fixează în pereți sau planșee înaintea începerii montării canalelor.

Canalele montate trebuie să fie bine fixate, neadmițîndu-se săgeți sau devieri.

Canalele confecționate din materiale plastice se susțin de elementele construcției cu dispozitive care permit deplasarea lor liberă în timpul dilatării și contracției. Se recomandă ca suspendarea lor să se facă în jgheaburi metalice sau de lemn, pe suporturi mobile. Pe tronsoanele drepte, de lungime mare, trebuie să se asigure compensarea dilatației.

Scanned with OKEN Scanner

B. MONTAREA VENTILATOARELOR

1. MONTAREA VENTILATOARELOR CENTRIFUGE

Ventilatoarele centrifuge pot fi montate în diferite poziții, în ceea ce privește gura de refulare (fig. 13.4).

Ventilatoarele centrifuge se pot monta pe fundații așezate direct pe pământ, pe planșee, pe console fixate în pereți, pe suporturi metalice, pe stîlpi de beton armat sau metalici, iar, uneori, se suspendă de planșee. Sistemul de montare se alege în funcție de condițiile locale, ținînd seama de greutatea și turația ventilatorului, precum și de nivelul intensității zgomotului și vibrațiilor admise.

Montarea ventilatoarelor pe postamente și fundații așezate direct pe sol sau pe pardoseli este recomandată față de alte sisteme, din punctul de vedere al evitării transmiterii vibrațiilor în întreaga clădire.

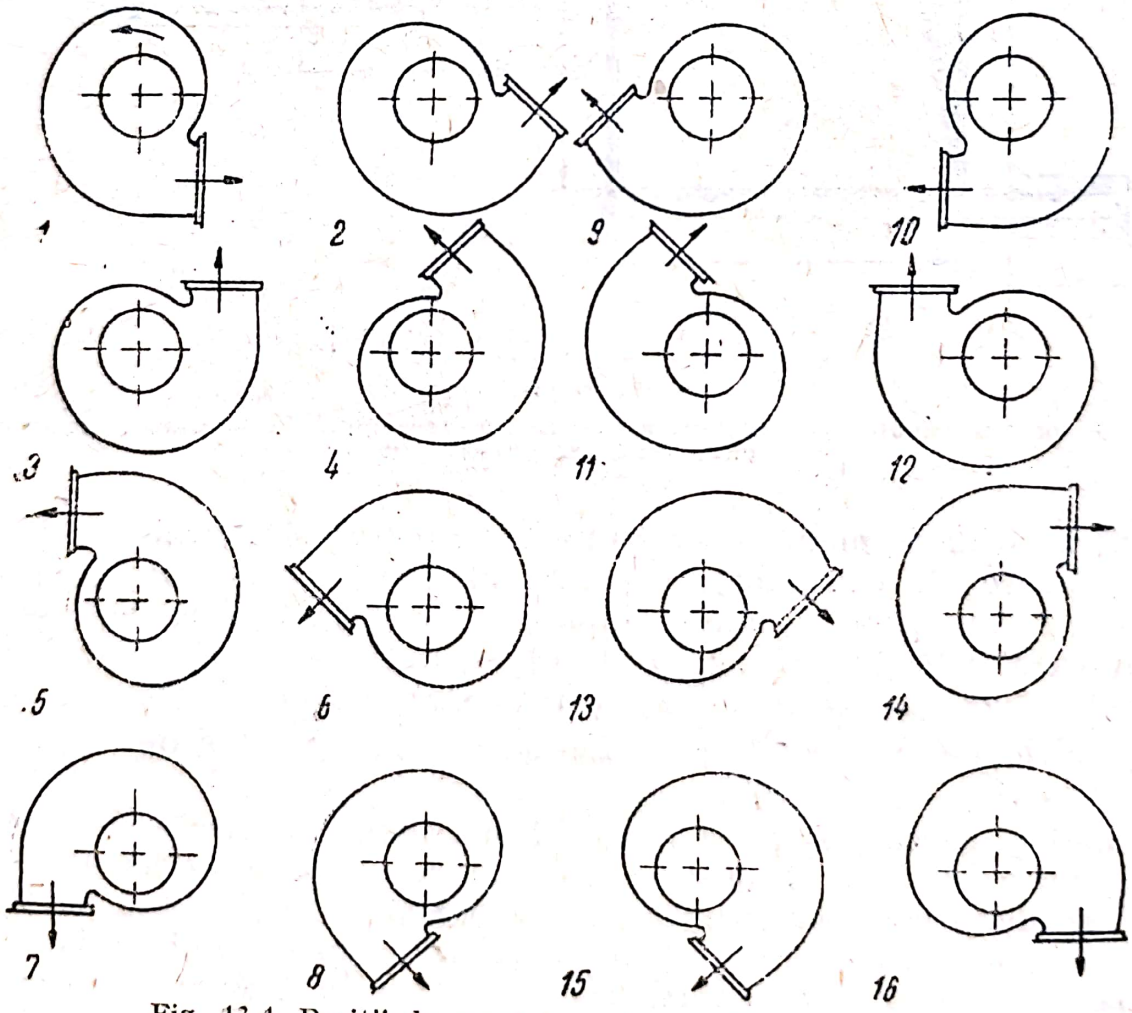


Fig. 13.4. Poziții de montaj pentru ventilatoare centrifuge.

Scanned with OKEN Scanner

Fixarea ventilatoarelor pe fundațiile de beton se realizează cu ajutorul șuruburilor de fundație, iar pe postamentele din oțel pe console, cu ajutorul șuruburilor obișnuite.

În cazul postamentelor de beton, operația de montare se începe numai după întărirea suficientă a acestuia. De asemenea strîngerea șuruburilor de fixare pe postamentele de beton se execută numai după întărirea completă a mortarului cu care s-au cimentat.

La montarea ventilatoarelor centrifuge pe postamente este necesar a se realiza o orizontalitate perfectă a axului de rotație, lucru ce se verifică cu ajutorul unei nivele de precizie.

Montarea ventilatoarelor pe elementele de construcție ale clădirilor (fig. 13.5) pe planșeele dintre etaje, pe consolele fixate în pereți sau pe stîlpi trebuie evitată în special în cazul construcțiilor civile, iar, dacă aceasta nu este posibil, este necesar să se ia măsuri corespunzătoare pentru amortizarea vibrațiilor (dispozitive cu arcuri, plăci sau tampoane de cauciuc, plăci de plută sau pîslă etc.).

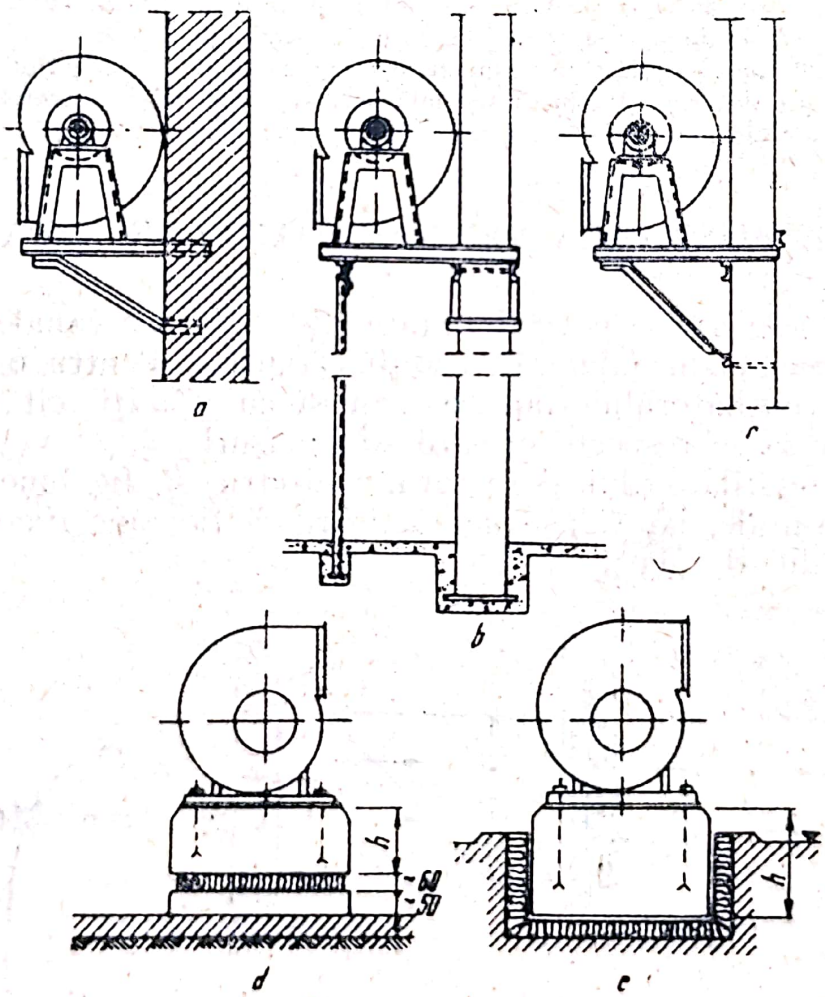


Fig. 13.5. Sisteme de montare a ventilatoarelor centrifuge: *a* — pe consolă fixată în perete; *b* — pe consolă fixată pe stîlp și prevăzută cu picior; *c* — pe consolă fixată pe stîlp; *d* — pe fundație de beton așezată pe pardoseală și cu un strat amortizor de vibrații; *e* — pe fundație de beton semiîngropată și strat amortizor de vibrații.

Scanned with OKEN Scanner

La ventilatoarele la care rotația se transmite prin intermediul curelelor trapezoidale, este necesar ca ambele axe de rotație (a rotorului și a motorului electric) să fie perfect orizontale. Motorul electric se montează pe glisiere pentru a se putea realiza întinderea necesară a curelelor. Glisierele se fixează astfel încît fața exterioară a șaibei motorului electric să fie în același plan cu fața exterioară a șaibei ventilatorului, spre a nu duce la o uzură prematură a curelelor.

Se verifică totdeauna ca sensul de rotație a rotorului ventilatorului să fie cel corect. La ventilatoarele acționate prin cuplaje elastice se verifică coaxialitatea ambelor axe și paralelismul discurilor flanșelor.

Aplicație

Să se aleagă cea mai bună poziție de montare a unui ventilator centrifugal în cazul unui traseu de canal de aer care are un tronson drept și un cot.

Rezolvare. Cel mai bun loc de montare este la capătul tronsonului drept cît mai departe de cot sau de orice altă piesă specială pentru a asigura, la intrarea în ventilator, un curent de aer cît mai uniform, fără vîrtejuri.

2. MONTAREA VENTILATOARELOR AXIALE

Ventilatoarele axiale pot fi montate (fig. 13.6) pe canale de aer sau în goluri special amenajate în pereții clădirilor. Pentru o funcționare normală a ventilatorului (fără zgomot și cu vibrații cît mai reduse) este necesar să se respecte următoarele măsuri :

— axele ventilatorului și motorului electric să fie bine centrate și perfect orizontale, iar flanșa de susținere să fie bine fixată în perete sau pe canalul de aer ;

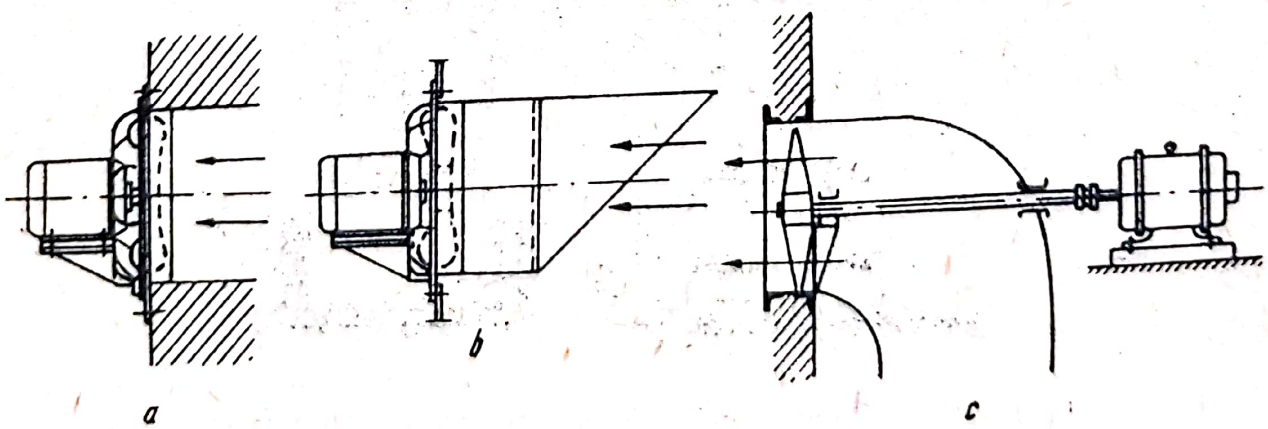


Fig. 13.6. Sisteme de montare a ventilatoarelor axiale:
a — montat în perete ; *b* — montat cu tub prelungit pentru priză de aer ; *c* — cu ax prelungit (în cot).

Scanned with OKEN Scanner

— să se prevadă pe suportul motorului electric o placă amortizoare din cauciuc sau pîslă ;

— să se evite intrarea sau ieșirea forțată a aerului, neparalel cu axa ;

— în cazul aerului cu umiditate mare sau încărcat cu praf sau vapori acizi, se montează motorul electric în afara canalului de aer ;

— la ventilatoare montate în pereții exteriori se prevede o protecție împotriva ploii sau zăpezii, cu jaluzele și plasă de sîrmă.

C. MONTAREA BATERIILOR DE ÎNCĂLZIRE ȘI DE RĂCIRE

Înainte de montare este necesar ca bateriile să fie controlate, pentru ca :

— flanșele de racordare la canalele de aer să fie perfect plane ;

— blocul de țevi să fie bine montat în carcasă ;

— între țevile extreme și tabla carcasei să nu existe spațiu liber prin care să se poată strecura aer ocolind aripioarele încălzitoare ;

— aripioarele să fie perfect plane și montate normal pe axa țevilor ;

— interiorul bateriei să fie perfect curat, în special spațiul dintre aripioarele țevilor etc.

Bateriile se montează, în general, pe dispozitive de susținere proprii, independente de cele ale canalelor de aer. Bateriile se pot monta :

— pe suport metalic sau din beton (fig. 13.7) ;

— pe console fixate pe stîlpi sau pe zidărie (fig. 13.8) ;

— suspendate pe tavane sau de fermele acoperișului cu ajutorul unor bare de oțel cornier sau lat.

Alegerea sistemului de susținere este în funcție de locul de amplasare și de rezistența elementelor de construcție.

Poziția normală de montare a bateriilor este în plan vertical, în cazuri speciale putîndu-se monta înclinate sau chiar în plan orizontal, cu luarea de măsuri pentru a se asigura o bună aerisire și golire în cazul apei, sau o normală scurgere a condensatului în cazul aburului.

Bateria se racordează la canalele de aer prin intermediul flanșelor din oțel cornier, prinse cu șuruburi sau buloane și prevăzute cu garnituri din material rezistent la temperatură.

Secțiunile bateriilor fiind, în general, mai mari decît ale canalelor de aer, racordarea se realizează prin intermediul unui *difuzor* și al unui *confuzor*.

Scanned with OKEN Scanner

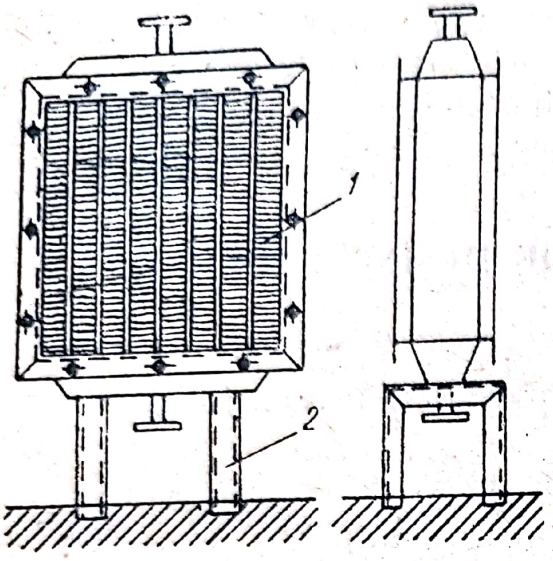


Fig. 13.7. Baterie de încălzire montată pe suport metalic :
1 — baterie ; *2* — suport.

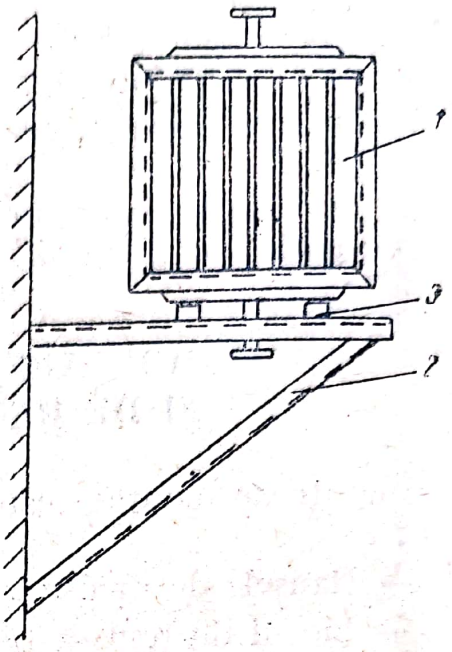


Fig. 13.8. Baterie de încălzire montată pe consolă :
1 — baterie ; *2* — consolă ; *3* — tronson de susținere.

Racordarea bateriilor de încălzire la conductele agentului termic se preferă a se executa prin intermediul flanșelor care permit o mai ușoară demontare. Legăturile bateriei se prevăd cu posibilități de dilatare, spre a nu solicita armăturile montate la intrarea și ieșirea agentului termic.

Toate armăturile trebuie montate în poziții care să permită accesul ușor și manevrarea lor.

■ Condiții similare celor indicate la montarea bateriilor de încălzire sînt necesare și în cazul bateriilor de răcire.

D. MONTAREA FILTRELOR ȘI SEPARATOARELOR DE PRAF

1. MONTAREA FILTRELOR DE PRAF

Filtrele celulare de praf se livrează sub formă de rame în care se încadrează celulele. Înainte de montarea filtrului se verifică dacă acesta nu a suferit deformări la transport și dacă celulele alunecă ușor pe glisiere, făcîndu-se eventualele remedieri necesare.

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea se efectuează o verificare ca să nu existe spații între celule și pereții filtrului, prin care să poată trece aer nefiltrat.

Aceste filtre se montează, în general, pe pardoseală, pe o fundație sau pe o ramă specială. În fața filtrelor se asigură un spațiu suficient și posibilități de acces pentru scoaterea și spălarea celulelor.

2. MONTAREA CICLOANELOR

Cicloanele se montează în exterior, pe clădire, pe console fixate în zidărie sau se prevăd cu dispozitiv propriu de susținere.

Cicloanele sînt prevăzute cu picioare de susținere. La montarea pe fundație de beton, sub aceste picioare se toarnă cîte un bloc de beton, prinderea ciclonului realizîndu-se cu șuruburi de ancorare. La montare este necesar a se asigura poziția corectă a axului vertical al ciclonului.

Cicloanele mari sosesc pe șantier neasamblate, asamblarea realizîndu-se la locul de montare. La asamblare se pun garnituri de carton îmbibate cu ulei de in la îmbinările cu flanșe, lucru care se face și la punerea în funcțiune a cicloanelor, la flanșele de îmbinare.

Pentru montarea cicloanelor grele se folosesc macarale.

La instalațiile mari se folosesc baterii de cicloane, alcătuite din mai multe cicloane, legate la o tubulatură comună.

După natura cicloanelor, acestea pot fi prevăzute cu anexe ca : buncăre pentru rumeguș, decantoare pentru praf etc., a căror execuție și montaj se fac concomitent.

3. MONTAREA SEPARATOARELOR DE PRAF

Separatoarele de praf prin inerție se montează, de obicei, în serie cu un ciclon sau filtru cu saci. Înainte de montare se verifică planeitatea lamelor jaluzelelor spre a nu se produce vîrtejuri care tulbură mersul corect al vinelor de aer și fac ca aerul să iasă în unele locuri cu praf. Avînd greutate mică, aceste separatoare se pot monta chiar pe pardoseală, în care se prevăd găuri pentru șuruburile de ancorare. La montaj se urmărește ca axa lor să fie corect așezată pe verticală, controlîndu-se cu firul cu plumb.

Racordarea la canalele de aer se realizează prin flanșe. Aceste separatoare se pot monta și în poziție orizontală, dar efectul este mai redus, deoarece în poziție verticală, la impulsul dat particulelor de praf de viteza aerului se cumulează și acțiunea gravitației, lucrînd în același sens.

Scanned with OKEN Scanner

4. MONTAREA FILTRELOR DE ȚESĂTURI

Filtrele de țesături se montează pe planșee de beton, astfel ca buncărul să fie sub planșeu, iar corpul filtrului deasupra. Se mai pot monta și pe schele metalice speciale.

La montarea acestor filtre se controlează bine pînza de filtrare ca să nu conțină găuri sau porțiuni roase.

Înainte de montare, filtrele de țesături se depozitează în încăperi uscate, pentru ca la punerea în funcțiune particulele de praf să nu se lipească de pînză.

E. MONTAREA APARATELOR DE CONDIȚIONARE

Aparatele de condiționare pentru debite mici și mijlocii se aduc la locul de montaj gata confecționate și asamblate, astfel că montarea lor constă numai în așezarea lor corectă la locul de funcționare și în racordarea lor la conductele de aer, apă, încălzire și electricitate.

Aparatele de condiționare de dimensiuni mari se livrează în elemente separate (tronsoane), care se asamblează pe șantier. Elementele sînt prevăzute cu rame din oțel cornier (flanșe) pentru asamblare. Între flanșe se montează garnituri pentru etanșare, carton înmuiat în apă și apoi îmbibat cu ulei, după care se strîng cu șuruburi cu piulițe.

Aparatele de condiționare se montează, în general, pe pardoseală, pe suporturi de beton sau metal. Înainte de montare se verifică ca elementele să fie bine rigidizate și să nu existe deformări.

Sub piesele cele mai grele ale aparatelor de condiționare (filtre, baterii de încălzire) se prevăd puncte de susținere.

La montaj se acordă o deosebită atenție eliminării zgomotului ce se poate produce la funcționarea aparatului de condiționare, intercalîndu-se între suporturi și aparat amortizoare de cauciuc, prevăzîndu-se racorduri elastice între ventilator și tubulatura de aer sau între pompa de apă și conductele de refulare și aspirare de la pulverizatoare și bazinul de apă etc.

La montare se ține seamă să se asigure accesul la elementele componente ale agregatului de condiționare cel puțin dintr-o parte a acestora, parte pe care se vor monta și aparatele de măsură și control.

Pentru ușoara observare a funcționării diferitelor compartimente, camerele de condiționare se prevăd cu iluminat electric și cu geamuri etanșe (vizoare).

După montare se verifică funcționarea pulverizoarelor, jaluzelelor de reglaj, a separatoarelor de picături etc.

Scanned with OKEN Scanner

F. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII LA MONTAREA INSTALAȚIILOR

La montarea instalațiilor de ventilare și condiționare a aerului se vor respecta următoarele reguli principale :

— toate locurile periculoase (goluri în planșee, goluri de scări, de ascensoare) se vor apăra cu balustrade de scînduri la fiecare nivel ;

— se vor îngrădi toate locurile care nu au delimitare prin pereți și pe care se circulă în timpul lucrului ;

— instalarea de macarale pentru piese grele trebuie făcută numai în condiții de siguranță absolută ;

— ventilatoarele, bateriile grele și motoarele vor fi introduse de preferință pe planuri înclinate, construite corespunzător ;

— cricurile sau vinciurile cu care se vor așeza la nivelul cerut piesele grele vor fi folosite strict în limita puterii lor, obiectul de ridicat purtînd o inscripție cu greutatea sa etc.

Verificarea cunoștințelor

13.1. *La canalele orizontale, în care este pericol de a se produce condensări de vapor de apă, falțul longitudinal se execută :*
a) *la partea superioară sau laterală a canalului ;*
b) *la partea inferioară a canalului ?*

13.2. *La montarea ventilatoarelor centrifuge pe postamente, axul de rotație :*
a) *poate fi înclinat mai mult de 3° ;*
b) *poate fi înclinat mai puțin de 3° ;*
c) *trebuie să fie perfect orizontal ?*

13.3. *Poziția normală de montare a bateriilor este :*
a) *în plan vertical ;*
b) *în plan orizontal ;*
c) *în poziție înclinată ?*

13.4. *Racordarea la rețeaua de canale a cicloanelor se realizează prin :*
a) *eclise ;*
b) *flanșe ;*
c) *falțuri ?*

13.5. *Depozitarea filtrelor de țesături înainte de montare se face :*
a) *în aer liber ;*
b) *în încăperi uscate ;*
c) *în orice fel de încăpere ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 14

ÎNCERCAREA TEHNICĂ ȘI MĂSURAREA INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI

A. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAT

1. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA TEMPERATURILOR

Toate măsurările și încercările care se fac pentru controlul funcționării și al eficacității instalațiilor de ventilare și de condiționare a aerului cuprind, în primul rînd, măsurări ale temperaturii aerului, apei și gazelor.

Temperatura mediului sau a corpurilor se măsoară cu termometrul. Acesta trebuie să aibă o căldură specifică foarte mică față de aceea a corpului sau mediului cercetat, iar rapiditatea cu care el indică temperatura depinde, în special, de raportul dintre căldura specifică a termometrului și a corpului sau mediului cercetat. De asemenea, masa termometrului trebuie să fie redusă în raport cu masa corpului sau mediului cercetat, spre a nu influența temperatura acestuia.

Termometrele utilizate pentru măsurarea temperaturilor în cadrul instalațiilor de ventilare-condiționare sînt termometrele cu lichid, care se bazează pe principiul modificării volumului sub influența variației de temperatură (fig. 14.1).

Scanned with OKEN Scanner

Pe lîngă termometrele obișnuite cu mercur sau alcool folosite pentru citirea directă a valorii temperaturii se mai folosesc și termometre cu caracter special. Astfel, pentru stabilirea temperaturii maxime ce se înregistrează într-un timp dat, se folosește termometrul de maximă, cu mercur. El este construit în așa fel încît mercurul din tubul capilar nu coboară singur după ce s-a ridicat. Pentru scopuri similare în domeniul temperaturilor minime, se folosește termometrul de minimă, cu alcool.

Pentru fixarea temperaturilor maxime și minime ce apar într-un interval de timp dat este termometrul de maximă și minimă. Acesta este format dintr-un tub de sticlă în formă de U avînd parțial mercur, alcool și aer la presiune redusă.

În afară de măsurarea temperaturii, în unele cazuri este necesar să se urmărească variația acesteia pe un interval de timp dat. Această operație se efectuează cu ajutorul termografului, aparat care măsoară și înregistrează grafic valoarea temperaturilor pe o diagramă.

Pentru măsurări repetate ale temperaturii în același punct și pentru citirea centralizată a temperaturilor diferitelor puncte depărtate între ele se folosește termometrul cu rezistență sau termocuplul.

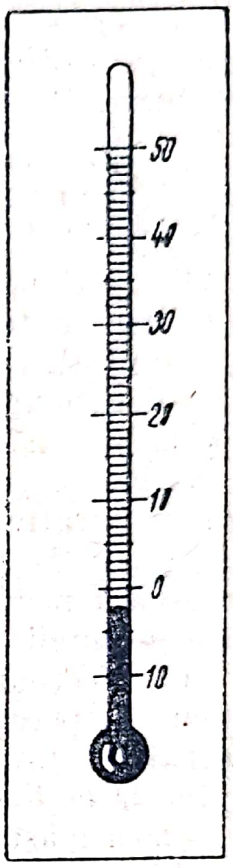


Fig. 14.1. Termometru cu lichid (centigrad).

Măsurarea temperaturilor aerului interior și exterior trebuie efectuată cu observarea unor reguli generale :

— termometrul trebuie așezat pe un suport sau suspendat cu un fir la o înălțime de 1,5 m de la pardoseala încăperii a cărei temperatură trebuie măsurată. Pentru unele locuri de muncă sau zone situate la înălțimi sau în poziții speciale, temperatura se va lua în dreptul corpului muncitorului ;

— termometrul trebuie ferit în timpul măsurării de radiația soarelui sau a razelor calorice emise de guri de cuptoare, motoare electrice, curenți calzi sau reci de aer sau gaze ;

— în timpul efectuării măsurării nu trebuie ca observatorul să se apropie de termometru sau să respire asupra lui. Termometrul se va proteja cu ecrane de carton sau tablă contra curenților prea puternici ;

Scanned with OKEN Scanner

— temperatura în spații mari trebuie să se măsoare punînd termometre în diferite puncte astfel alese încît să se obțină o medie a temperaturii.

La determinarea temperaturilor în conductele de ventilare bulbul termometrului trebuie să fie introdus în întregime în fluid, deoarece o montare greșită a termometrului poate duce la erori mari în aprecierea temperaturii.

Pe secțiunea unui canal de aer repartiția temperaturilor, în general, nu este uniformă. Această neuniformitate este foarte importantă pe secțiuni situate în apropiere de ieșirea dintr-o baterie de încălzire. Aerul care trece prin baterie se încălzește neuniform, o parte trecînd pe la partea de jos unde agentul termic este mai rece, iar amestecarea maselor de aer nu se face imediat. Astfel se produce o separare a aerului în straturi de diferite temperaturi, care se pot menține pe o distanță de 5—6 diametre față de baterie. Dacă temperatura aerului se măsoară neapărat în aceste zone, se va măsura în mai multe puncte ale secțiunii, făcîndu-se apoi media.

La efectuarea măsurărilor se procedează astfel: se practică un orificiu în peretele canalului în care se introduce termometrul fixat în prealabil într-un dop de cauciuc sau de plută. Pentru temperaturi pînă la 60°C se va folosi cauciucul, iar pînă la 120°C pluta.

Dacă măsurarea se efectuează pe conducte de aspirație, termometrul trebuie să fie perfect etanș în dop, iar dopul perfect etanș în peretele canalului. Cînd măsurarea se efectuează pe conducte de refulare, etanșeitatea nu mai este atît de importantă, deoarece aerul va trece din canal în încăpere, dar nu va influența citirea termometrului.

Termometrul trebuie să fie introdus cît mai mult în canalul de aer rămînînd în exterior numai cît este necesar pentru citirea temperaturii.

La canalele de dimensiuni mari termometrul se va introduce complet în canal, lăsînd afară numai capătul necesar pentru susținere. În acest caz, pentru citire, termometrul trebuie să se scoată parțial afară din canal. Citirea se va efectua cît mai repede posibil pentru a nu fi influențată. Acest sistem nu poate fi utilizat la canalele de aspirație, deoarece permite aspirarea de aer fals, care deformează valoarea temperaturii citite.

Cînd temperatura aerului care circulă prin canal este mare sau măsurarea are loc în apropierea unei suprafețe foarte calde, cum este cazul în apropierea unei baterii de încălzire, indicația termometrului va fi influențată de radiație. Pentru a se evita acest lucru se întrebuințează termometrul cu rezervorul argintat, care reflectă, aproape total, căldura primită prin radiație.

Dacă secțiunea canalului este mare, aceasta se împarte într-un număr egal de suprafețe ca mărime, așezîndu-se cîte un termometru în centrul fiecărei suprafețe. Temperatura aerului va fi media aritmetică a temperaturilor măsurate în centrul fiecărei suprafețe.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicație

Să se stabilească punctul unde trebuie făcute măsurătorile de temperatură la intrarea și la ieșirea aerului dintr-o baterie de încălzire, știind că diametrul conductei este de 300 mm.

Rezolvare. Punctul unde se efectuează măsurarea trebuie să fie pe un tronson drept la o distanță de 5—6 diametre de baterie, într-o zonă în care curentul de aer a devenit uniform. În cazul nostru, această distanță este de minimum 1,5—1,8 m. Citirea se face introducînd termometrul cît mai spre mijlocul canalului.

2. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA UMIDITĂȚII

În instalațiile de ventilare-condiționare, măsurarea umidității constă în determinarea umidității relative a aerului din mediul ambiant și din interiorul camerelor de tratare a aerului.

Metodele de determinare a umidității folosite în aceste instalații sînt : metoda psihrometrică și metoda determinării cu higrometre cu fir de păr.

Umiditatea relativă se determină pe baza formulelor psihrometrice sau a tabelelor psihrometrice pe care se poate citi direct umiditatea relativă în funcție de temperaturile citite la *termometrul uscat* și la *termometrul umed*. Condiția esențială pentru a obține rezultate bune prin această metodă este ca ambele termometre să fie identice, iar citirea să se facă simultan. Pentru termometre trebuie respectate regulile indicate la citirea temperaturilor. Tifonul termometrului umed trebuie să fie bine umezit numai cu apă distilată. Tifonul va fi controlat și umezit cu 15 minute înainte de citire.

■ Un tip de psihrometru perfecționat îl constituie psihrometrul cu aspirație (fig. 14.2) compus din două termometre identice montate pe un suport metalic cu picior. La partea superioară aparatul este prevăzut cu un ventilator acționat de un mecanism cu arc, care se întoarce cu o cheie. Ventilatorul aspiră aerul pe lîngă cele două termometre cu o viteză de 2 m/s. Viteza constantă a aerului dă aparatului o precizie mare de măsurare. Fiecare termometru este montat într-un tub inferior pe porțiunea rezervorului. Rezervorul unui termometru este înfășurat într-o bucată de tifon tăiată scurt. Întregul aparat este nichelat și lustruit. Psihrometrul cu aspirație este prevăzut cu un cîrlig cu care poate fi suspendat la înălțimea unde se determină umiditatea relativă. Aparatul se instalează în locul unde urmează să se execute măsurarea și se lasă să stea circa 15 min pentru a căpăta temperatura mediului. Tifonul se umezește cu 30 de minute înainte de observație la temperaturi scăzute, sau numai cu 5 minute dacă temperatura este ridicată. Pentru umezire se folosește o pară de cauciuc care face parte din trusa

Scanned with OKEN Scanner

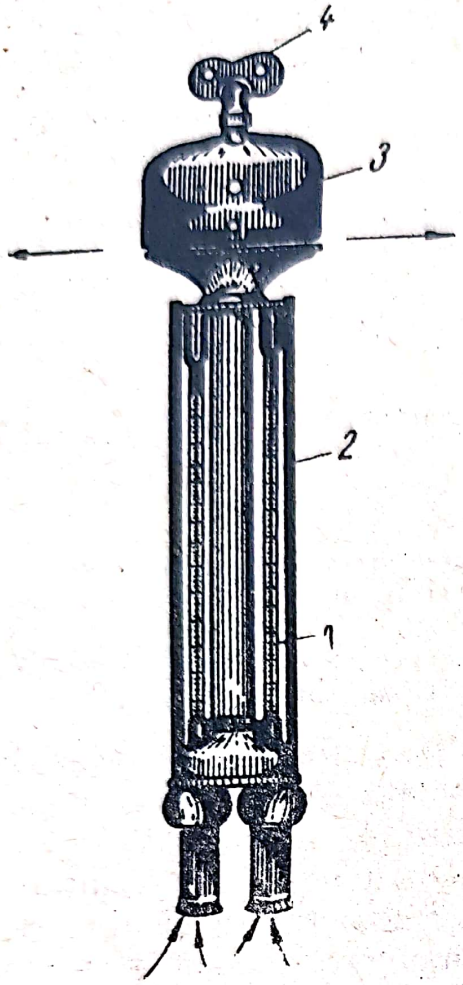


Fig. 14.2. Psihrometru cu ventilator:
1 — termometru; *2* — suport; *3* — ventilator; *4* — cheie.

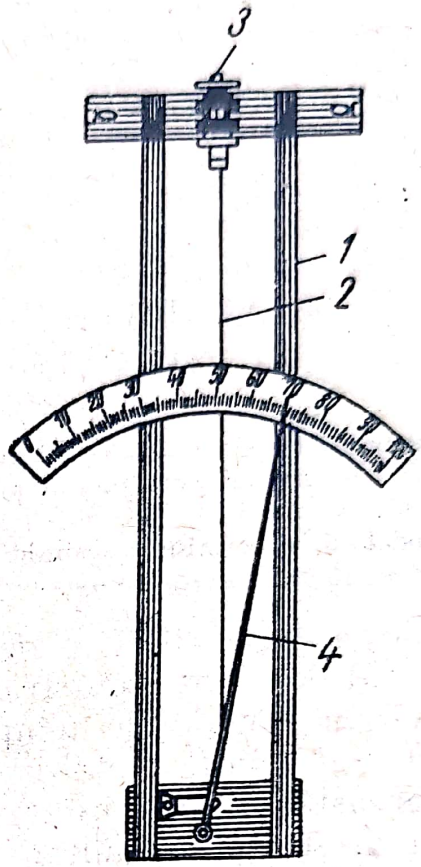


Fig. 14.3. Higrometru cu fir de păr.

aparatului. După umezirea termometrului, cu ajutorul unei chei se întoarce ventilatorul care trebuie să funcționeze în timpul cînd se efectuează citirea.

■ Cea de-a doua metodă de determinare a umidității cu higrometrul folosește proprietatea părului omenesc de a se lungi la creșterea umidității. Pe acest principiu este construit higrometrul cu păr (fig. 14.3). Cînd umiditatea relativă crește, firul de păr se lungește și acul se mișcă spre dreapta, iar cînd umiditatea scade, acul revine spre stînga.

Aparatul se compune dintr-un cadru metalic *1* pe care este fixat un fir de păr omenesc degresat *2*. Partea de sus a părului este prinsă într-un șurub de reglare *3*, aflat la partea superioară a cadrului. Partea de jos a firului este prinsă într-un orificiu, de o piesă metalică arcuită, avînd

Scanned with OKEN Scanner

la cap o greutate cu rolul de a întinde firul de păr. Legat de aceasta este acul *4* al cărui vîrf se deplasează de-a lungul scării prinse la mijlocul cadrului.

Acest tip de higrometru are avantajul că poate fi citit oricînd, nu necesită manipulare, dar nu dă indicații sigure și exacte ca un psihrometru. Este indicat a se utiliza pentru cazurile în care se cere stabilirea umidității relative pentru aer rece exterior a cărui temperatură poate fi sub zero grade, iar psihrometrul nu poate fi folosit deoarece apa îngheață.

■ În cazurile în care este nevoie să se controleze în mod permanent umiditatea relativă se folosește higrometrul înregistrator numit și higrograf, construit similar termografului, și care înregistrează grafic pe o diagramă valorile umidității relative în timp. La ore și zile fixate higrograful se deschide și se scot diagramele, spre a examina modul de funcționare a instalației de ventilare.

3. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA VITEZEI

Aparatul folosit în mod curent pentru măsurarea vitezei aerului în instalațiile de ventilare este *anemometrul.*

■ *Anemometrul cu palete* (fig. 14.4) se compune dintr-un rotor cu palete fixate cu ajutorul unor vergele pe un ax de oțel care se rotește în două lagăre. Rotirea axului este transmisă printr-un mecanism la un contor de turații, care poate fi pus în funcțiune sau opri. Contorul are un cadran cu gradații care indică viteza curentului de aer.

La măsurarea vitezei aerului cu anemometrul este necesar să se pună în funcțiune și un cronometru, conectarea mecanismului aparatului făcîndu-se concomitent cu a cronometrului. Numărul de diviziuni indicate de anemometru se împarte la numărul de secunde care exprimă durata măsurării și se află cîte diviziuni revin pe secundă.

Pentru a determina viteza medie se repetă măsurarea aerului în mai multe puncte și se face media aritmetică a vitezelor măsurate în aceste puncte.

■ Similar anemometrului cu palete este și *anemometrul cu cupe* (fig. 14.5), cu deosebirea că în locul paletelor are patru cupe fixate la capătul a două vergele perpendiculare între ele.

■ Anemometrul diferențial este destinat măsurării vitezelor mici de mișcare a aerului și funcționează prin suflare de aer. Un mic ventilator, pus în funcțiune de un resort, împinge aerul printr-un canal vertical

Scanned with OKEN Scanner

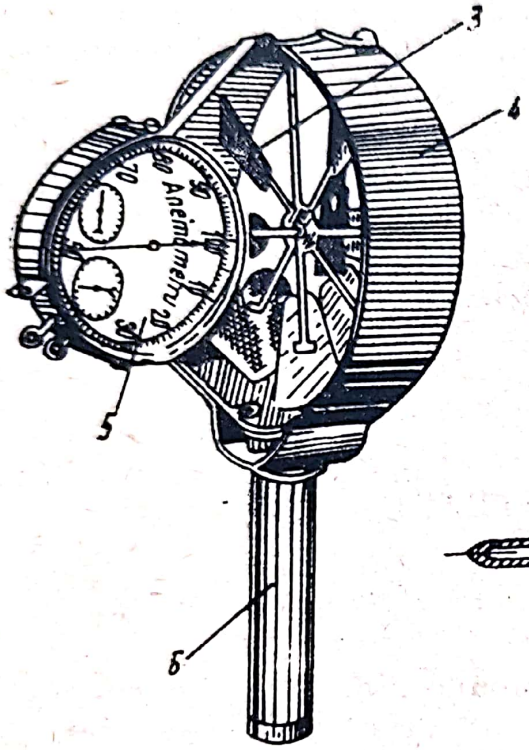
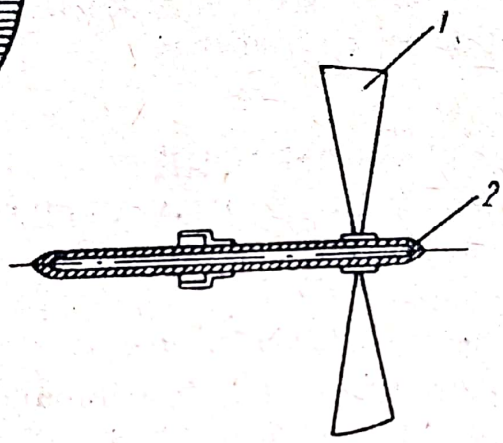


Fig. 14.4. Anemometru cu palete :
1 și *3* — palete ; *2* — ax ; *4* — cadran metalic ; *5* — contor ; *6* — mîner.



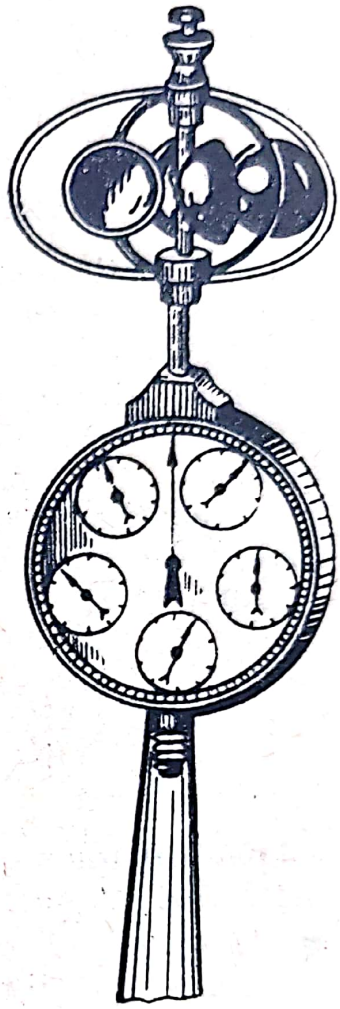


Fig. 14.5. Anemometru cu cupe.

și forțează rotorul cu palete să se rotească cu un număr determinat de rotații pe minut. Într-un curent de aer , învîrtirea rotorului cu palete este frînată sau accelerată.

Acul indicator al anemometrului, care se mișcă în fața unui cadran gradat, indică spațiul parcurs de curentul de aer ; cunoscîndu-se și timpul în care s-a efectuat măsurarea, se determină viteza aerului, în metri pe secundă.

■ Electroanemometrul cu filament își bazează funcționarea pe răcirea unui conductor electric, încălzit de un curent electric și răcit cu ajutorul curentului de aer. Gradul de răcire a conductorului depinde de viteza curentului de aer, care se determină după variația temperaturii conductorului.

Scanned with OKEN Scanner

Tot pentru măsurarea vitezelor mici ale aerului din încăperi (sub 1 m/s) se folosește catatermometrul. Acesta este un aparat care permite a măsura viteza aerului folosind viteza de răcire a unui recipient cu alcool.

4. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA PRESIUNII

Presiunea statică P_s este rezistența pe care o întîmpină aerul la curgerea lui în interiorul unei conducte. Ea se exercită pe pereții interiori ai conductei, perpendicular pe direcția de curgere a curentului de aer.

Presiunea dinamică P_d este presiunea pe care aerul aflat în mișcare într-o conductă o exercită asupra unei suprafețe așezate normal pe direcția mișcării.

Presiunea totală P_t este suma presiunilor corespunzînd presiunii la care este supus aerul în timpul mișcării sale în interiorul conductei :

$$P_t = P_s + P_d.$$

Presiunile utilizate în instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului sînt de maximum 200—300 daN/m². Măsurarea se efectuează cu ajutorul tubului manometric numit și manometru cu tub în formă de U. Este format dintr-un tub de sticlă îndoit în formă de U, umplut pînă la jumătate cu apă colorată, alcool sau alte lichide și prevăzut cu două ștuțuri pentru racordare la tuburile de cauciuc (fig. 14.6). Tubul se așază pe o planșetă-suport pe care se montează o scară gradată. Tubul trebuie să aibă un diametru interior de 5—6 mm, pentru a nu avea meniscul prea accentuat. Diferența de nivel între meniscurile din cele două tuburi arată presiunea (în daN/m²). Aceste manometre se utilizează la măsurarea presiunilor de vapori mijlocii, începînd cu cel puțin 20 daN/m².

Pentru presiuni sub 15 daN/m² precizia măsurărilor nemaifiind suficientă, se folosește micromanometrul (fig. 14.7).

Acesta este alcătuit dintr-un tub înclinat, cu un capăt montat la un rezervor și celălalt capăt liber în contact cu atmosfera.

Cu cît tubul este mai înclinat cu atît lungimea coloanei de lichid în tub este mai mare pentru aceeași presiune.

Relația generală pentru calculul presiunii pe baza indicațiilor tubului manometric (fig. 14.8) este :

$$P = l\rho \sin \alpha,$$

Scanned with OKEN Scanner

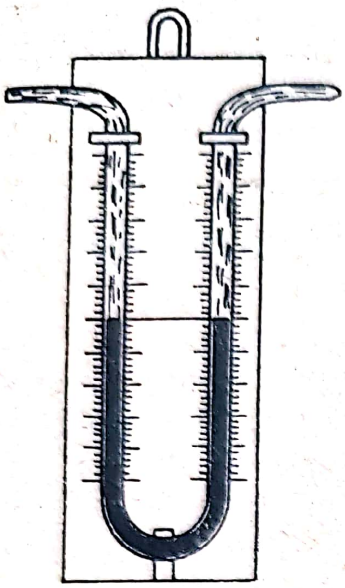


Fig. 14.6. Tub manometric.

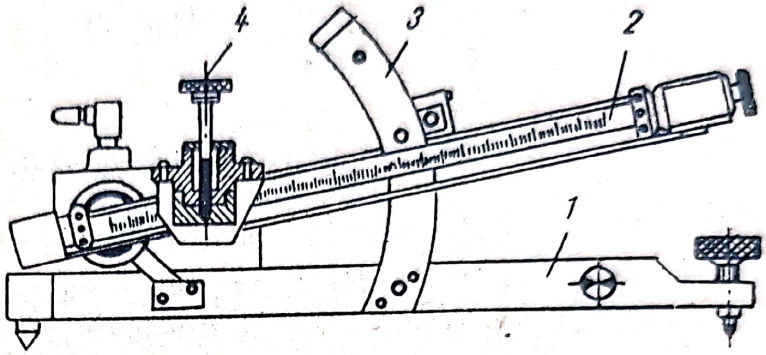


Fig. 14.7. Micromanometru : *1* — suport ; *2* — tub de sticlă ; *3* — sector circular ; *4* — șurub de reglaj.

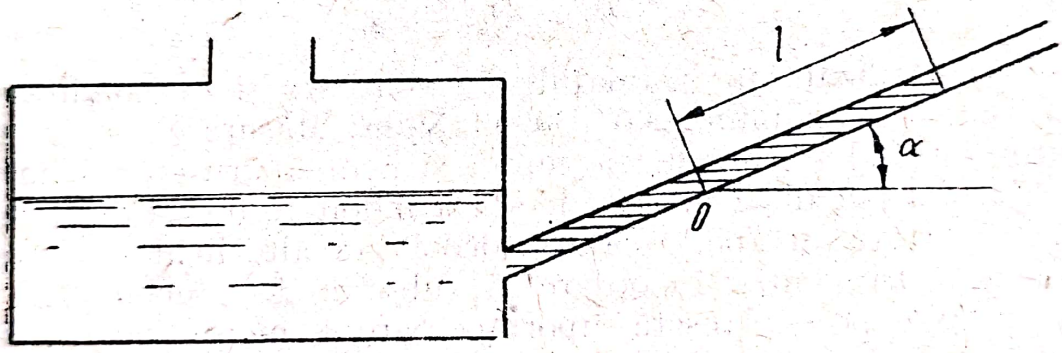


Fig. 14.8. Determinarea presiunii cu a utorul tubului manometric.

în care :

P este presiunea măsurată, în daN/m² ;

l — lungimea coloanei de lichid în tub, în mm ;

ρ — masa lichidului din tub, în kg/m³ ;

α — unghiul de înclinare a tubului față de orizontală, în grade.

Aparatul trebuie așezat perfect orizontal, cu ajutorul unei nivele, pentru ca măsurarea să nu fie greșită.

Pentru efectuarea măsurătorilor pe conducte se pot prevedea fie *racorduri directe* (fig. 14.9) pentru legarea directă a furtunului de cauciuc de la tubul manometric, fie *orificii mai mari* pentru introducerea în conducte a cîrligului aerodinamic (fig. 14.10) sau a tubului pneumometric Pitot-Prandtl (fig. 14.11).

Scanned with OKEN Scanner

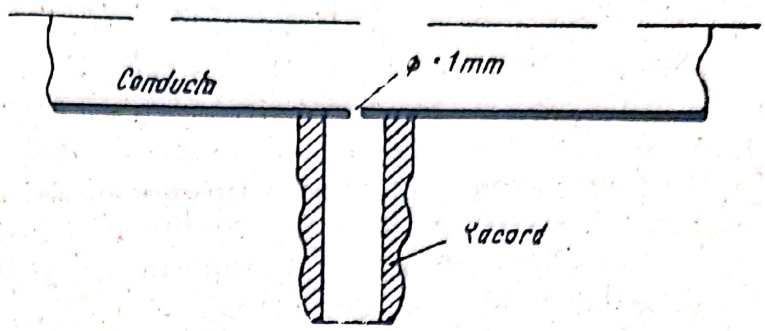


Fig. 14.9. Măsurarea presiunii aerului într-o conductă printr-un racord direct.

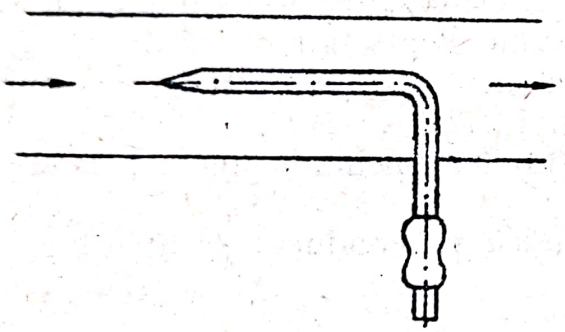


Fig 14.10. Cîrlig aerodinamic.

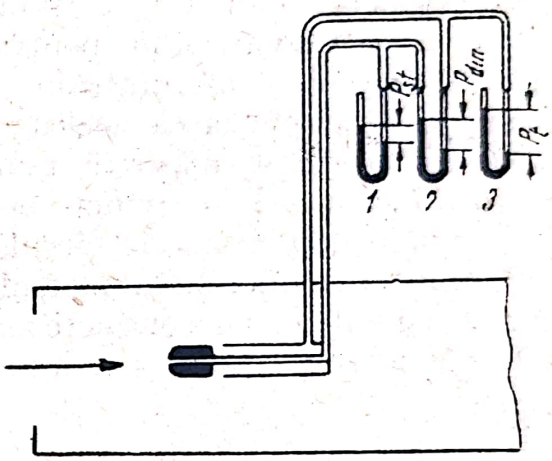


Fig. 14.11. Tub pneumometric :
1 — măsurarea presiunii statice ;
2 — măsurarea presiunii dinamice ;
3 — măsurarea presiunii totale.

■ Racordul direct se prevede pe conductă într-o zonă fără vîrtejuri de aer la o distanță de cel puțin 5 diametre de conductă, de orice piesă specială (cot, teu, ramificații etc.), pe o porțiune dreaptă.

Racordul direct se compune dintr-un orificiu mic cu diametrul de 1 mm și un ștuț (fig. 14.9) la care se leagă furtunul de cauciuc al tubului manometric. Orificiul din peretele conductei nu trebuie să aibă margini reliefate, deoarece acestea provoacă vîrtejuri, iar rezultatul măsurării este eronat. Presiunea măsurată prin racordul direct este cea statică.

■ Presiunea statică mai poate fi măsurată și cu ajutorul cîrligului aerodinamic (v. fig. 14.10). Acesta este un tub subțire, cu capul ascuțit și închis, îndoit la 90°. În tub, pe partea laterală, sînt executate cîteva orificii cu diametrul de 0,4 mm. Cîrligul aerodinamic se introduce în conductă printr-o gaură practicată anume în acest scop în peretele conductei și se ține cu vîrful în direcția opusă curentului de aer. Poziția corectă a cîrligului este atunci cînd pe tubul manometric, la care se leagă, se citește valoarea cea mai mică.

Scanned with OKEN Scanner

■ Pentru a măsura concomitent presiunea totală se folosește tubul pneumometric Pitot-Prandtl (v. fig. 14.11). Tubul este compus din două țevi subțiri, îmbrăcate într-un manșon : una din țevi este racordată la orificiul din vîrf, iar a doua la orificiile laterale. Prin orificiul din vîrf se măsoară presiunea totală, iar prin orificiile laterale presiunea statică ; diferența valorilor este presiunea dinamică. Cele două capete ale tubului Pitot-Prandtl se racordează prin tuburi de cauciuc la capetele unor tuburi manometrice.

Tubul Pitot-Prandtl se introduce în conductă printr-o gaură practicată în peretele ei. Gaura trebuie să aibă o dimensiune cît mai apropiată de cea a aparatului, pentru a nu avea scăpări și curenți de aer care să deformeze măsurătorile ; punctul în care se face măsurătoarea trebuie să îndeplinească aceleași condiții ca și în cazul racordului direct.

Presiunea nu se măsoară numai într-un singur punct al secțiunii. Se vor alege o serie de puncte pe secțiune atît la conductele cu secțiuni rectangulare cît și la cele circulare (fig. 14.12).

Cu ajutorul micromanometrului și tubului pneumometric se poate măsura și viteza pe conducte.

După ce se măsoară presiunea dinamică pe conductă se aplică relația :

$$v = \sqrt{\frac{2gP_d}{\rho}},$$

în care :

v este viteza căutată a aerului, în m/s ;
g — accelerația gravitației (9,81 m/s²) ;
P_d — presiunea dinamică, în daN/m² ;
ρ — masa specifică a aerului din conductă, în kg/m³.

Măsurarea în acest fel a vitezei aerului nu dă rezultate precise decît la viteze mari.

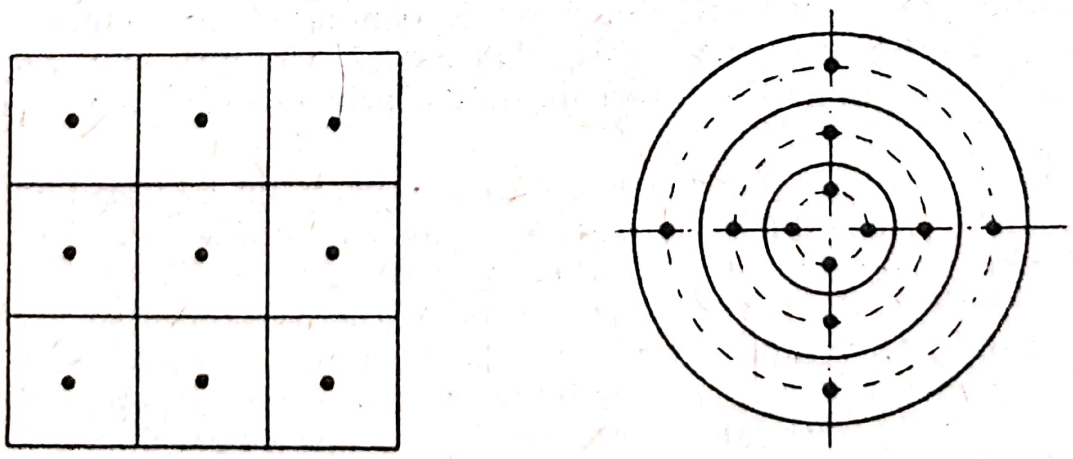


Fig. 14.12. Măsurarea presiunii în conducte cu ajutorul unui tub pneumometric.

Scanned with OKEN Scanner

5. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA DEBITULUI

În instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului, debitele de aer se măsoară pe canalele de aer sau la gurile de introducere sau aspirație.

Metoda cea mai simplă și mai folosită pentru măsurarea debitului în aceste instalații este pe baza determinării vitezei medii în secțiune. În acest sens, conform celor indicate la metodele pentru măsurarea vitezei, se împarte secțiunea într-o serie de suprafețe egale ca mărime, se măsoară viteza în fiecare din ele și se calculează viteza medie. După aceasta se face produsul dintre viteza medie și suprafața secțiunii și se află debitul de aer.

6. APARATE ȘI METODE PENTRU MĂSURAREA CONCENTRAȚIEI PRAFULUI

Cantitatea de praf din aer se exprimă în două moduri : în greutate (miligrame la 1 m^3 aer), conimetric (prin numărul particulelor de praf la 1 cm^3 aer).

Conținutul de praf din aer se stabilește, de asemenea, prin mai multe metode și anume :

— metoda gravimetrică, prin determinarea cantității de praf depuse ;

— metoda conimetrică, prin depunerea prafului din aer pe o placă de sticlă și calcularea sub microscop a particulelor de praf de diferite mărimi ;

— metoda fotogravimetrică, prin reducerea intensității luminoase la trecerea razelor prin aerul prăfuit.

■ *Metoda gravimetrică* este o metodă rapidă de determinare a conținutului de praf din aer și are un caracter orientativ. Aparatul pentru măsurare (fig. 14.13) are un tub de sticlă umplut cu vată de bumbac sau de sticlă pentru proba de praf. Modul de funcționare a aparatului este următorul : se umple vasul superior *1* cu apă, se așază în gîtul lui tubul de probă umplut cu vată și se astupă gîtul vasului inferior cu un dop de cauciuc ; se deschide robinetul *3*, lăsînd apa să se scurgă din

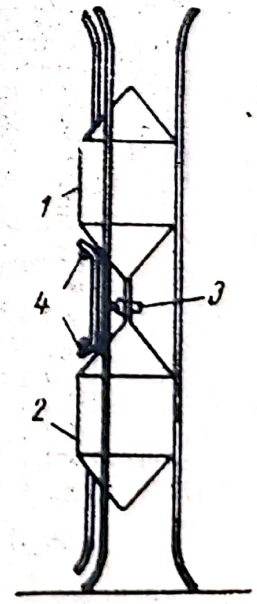


Fig. 14.13. Aparat pentru determinarea concentrației prafului prin aspirație

Scanned with OKEN Scanner

vasul *1* în vasul *2* și ținînd robinetul *4* deschis pentru ieșirea aerului. Scurgerea apei din vasul *1* este însoțită de absorbirea unui volum de aer egal cu volumul apei scurse.

Cînd vasul *1* se golește, robinetele *3* și *4* se închid, iar tubul de probă se scoate din gîtul vasului *1* ; gîtul se astupă cu un dop de cauciuc și aparatul se răstoarnă în așa fel încît vasul *2* să fie deasupra ; se scoate dopul din gîtul acestui vas, se pune în el tubul de probă și operația se repetă prin luarea probei a doua.

După trecerea cantității necesare de aer tubul de probă cu filtru se închide cu un dop și se transportă la laborator. Aici cantitatea de praf din tubul cu filtru se măsoară prin cîntărire, prin diferența dintre greutatea acestuia înainte de probă și greutatea ce o are absorbția aerului trecut prin aparat. Conținutul de praf stabilit prin metoda gravimetrică indică întreaga cantitate de substanțe solide ce se găsesc în suspensie în aer, fără a preciza numărul și dimensiunea particulelor.

■ *Metoda conimetrică*, în funcție de concentrația pulberilor din aer, folosește conimetrul dinamic (fig. 14.14) sau conimetrul cu sedimentare (fig. 14.15).

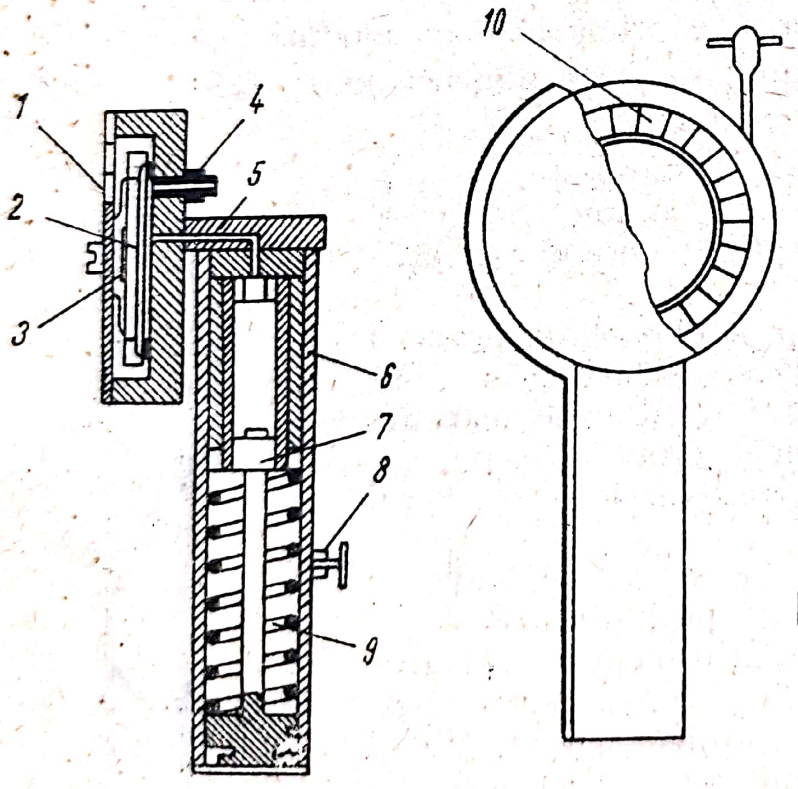


Fig. 14.14. Conimetrul dinamic :
1 — orificiu pentru observație ; *2* — lamelă de sticlă ; *3* — arc ; *4* — țeavă de șoc ; *5* — canal ; *6* — pompă ; *7* — piston ; *8* — opritor ; *9* — arc ; *10* — cadran.

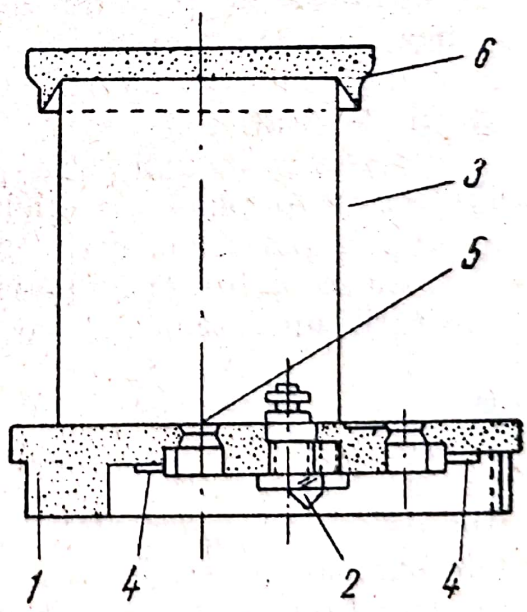


Fig. 14.15. Conimetrul cu sedimentare :
1 — postament ; *2* — șurub ; *3* — cilindru ; *4* — pîrghie ; *5* — lamelă de sticlă ; *6* — capac detașabil.

Scanned with OKEN Scanner

Conimetrul dinamic este compus dintr-o cameră legată cu o pompă acționată de un arc. Camera conține o placă de sticlă pe care se face recoltarea probelor de praf la aspirarea aerului cu ajutorul pompei. Placa este alcătuită din mai multe sectoare pe fiecare putîndu-se lua cîte o probă.

Placa de sticlă se studiază la microscop cu ajutorul unui ocular micrometric. Cînd numărul de particule depășește valoarea de 1 500—2 000 de particule într-un litru de aer, măsurarea devine dificilă, de aceea acest tip de conimetru se folosește numai în cazul prafului cu concentrație redusă.

Conimetrul cu sedimentare se bazează pe controlul unui anumit volum de aer din aerul cercetat. În funcție de înălțimea coloanei de aer din care se depune praful, de mărimea suprafeței de depunere și de numărul particulelor de praf depuse, se calculează numărul mediu de particule depuse din unitatea de volum de aer. Metoda permite ca pe lîngă număr să se determine și dimensiunile particulelor de praf. Aparatul este compus dintr-un postament *1* cu o adîncitură pe fața lui superioară, în care se introduce cilindrul *3* cu un capac detașabil *6*. În centrul postamentului se află un orificiu rotund prin care se depune praful pe o sticlă *5* care acoperă orificiul. Un mecanism permite recoltarea mai multor probe pe sticle acoperitoare.

Postamentul se instalează în locul unde se ia proba. Se lasă încet cilindrul pe postament, iar după un interval de timp se închide capacul. Sticlele acoperitoare sînt unse cu o soluție care lipește de sticlă particulele de praf. După aceasta se calculează la microscop particulele de praf.

■ *Metoda fotogravimetrică* funcționează pe principiul absorbției radiațiilor luminoase la trecerea fasciculului printr-un strat de aer prăfuit. O rază de lumină trecută printr-un strat de aer prăfuit cade pe un fotoelement, producînd un curent electric proporțional cu intensitatea luminii.

Curentul electric se măsoară cu ajutorul unui galvanometru special reglat, la care fiecare diviziune corespunde unei cantități de praf în miligrame și unei cantități de praf la fiecare metru cub de aer.

La determinarea cantității de praf din aerul ce trece prin canalele de ventilare este necesar a se măsura cantitățile de praf din aer într-un număr suficient de puncte pentru obținerea unor valori medii corecte. Aceasta se datorește faptului că într-un canal de aer concentrația prafului crește de la centru spre pereți, fiind invers proporțională cu viteza aerului.

Pentru obținerea unei valori exacte a concentrației medii a prafului pe secțiune este necesar ca tubul cu care se iau probele de praf să

Scanned with OKEN Scanner

absoarbă aerul cu o viteză egală cu viteza curentului de aer din canal. La luarea probelor, orificiul tubului trebuie îndreptat contra curentului de aer și să aibă dimensiuni cît mai mici, pentru a nu produce perturbații.

B. ÎNCERCAREA ELEMENTELOR INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE

1. ÎNCERCAREA TEHNICĂ A VENTILATOARELOR

Caracteristica ventilatoarelor se determină pe bancul de probă sau la un ventilator montat în instalație. Pe bancul de probă se montează ventilatorul de încercat, schimbîndu-se roțile de curele pentru a putea da ventilatorului diferite turații. Se controlează ca sensul de rotație să fie corect.

Pentru încercare se construiesc diferite duze la gura de refulare a ventilatorului, avînd secțiuni egale cu cîte o fracțiune din deschiderea totală, inclusiv o duză egală cu deschiderea totală. Ventilatorul se echipează cu un motor electric corespunzător, spre a putea funcționa și la eventuale suprasarcini.

Pentru fiecare turație și duză se notează pe o hîrtie milimetrică presiunea și debitul măsurate. După aceasta se unesc punctele obținute, trasîndu-se curbele pentru fiecare valoare a turației și pentru fiecare secțiune, conform duzei utilizate. Diagrama obținută constituie curba caracteristică a ventilatorului respectiv.

La ventilatoarele centrifuge, precum și la cele axiale montate pe canal, se măsoară debitul de aer furnizat în situația racordării lor normale la instalație și cu toate organele de reglaj din instalație fixate în poziția normală de funcționare. Între debitul de aer măsurat și cel prevăzut în proiect se admite o diferență maximă de $\pm 5\%$.

În cazul în care reglarea definitivă a instalației nu a fost efectuată, se măsoară debitele de aer și presiunile corespunzătoare pentru trei poziții diferite ale dispozitivului de reglaj al ventilatorului, determinîndu-se trei puncte de funcționare, care se așternpe diagrama de funcționare a ventilatorului. Se compară poziția lor față de curba caracteristică debit-presiune a ventilatorului și se admite ca media abaterilor de debit să aibă o valoare maximă de $\pm 5\%$.

Scanned with OKEN Scanner

Ventilatoarele axiale de perete și ventilatoarele de acoperiș (fără tubulatură de aer) nu se măsoară pe poziția de montaj. La recepția instalației se admit ca valabile caracteristicile certificate de întreprinderea producătoare.

În cazul unui ventilator montat în instalație, pentru care nu se dispune de curba caracteristică și care nu poate fi demontat pentru a fi încercat la bancul de probă, curba caracteristică se va construi în modul următor : se măsoară debitele și presiunea cu toate gurile de refulare (sau aspirație) închise, cu una, două, trei guri deschise sau cu toate gurile deschise. La fiecare poziție a gurilor se notează presiunea statică și dinamică măsurată, se calculează viteza și debitul. Rezultatele obținute se trasează grafic, după care prin unirea punctelor se obține curba caracteristică a ventilatorului.

2. ÎNCERCAREA TEHNICĂ A BATERIILOR DE ÎNCĂLZIRE ȘI DE RĂCIRE

Debitul de căldură sau frig se determină prin măsurări de temperatură efectuate simultan cu două termometre din care unul montat imediat înaintea bateriei și unul montat imediat după baterie. Diferența de temperatură astfel măsurată va fi asociată în cazul bateriilor centrale cu debitul ventilatorului, iar în cazul bateriilor montate pe ramificații ale canalelor, cu debitul de aer măsurat în ramificația respectivă.

Debitul de căldură măsurat poate fi cu cel mult 5% mai mic sau cu cel mult 10% mai mare decît debitul de căldură prevăzut în proiect.

Aceste încercări au ca scop să determine eficacitatea bateriei prin stabilirea gradului de încălzire, respectiv răcire a aerului.

Rezistența la trecerea aerului prin baterie se determină prin măsurarea presiunilor înainte și după baterie.

3. ÎNCERCAREA TEHNICĂ A FILTRELOR ȘI SEPARATOARELOR DE PRAF

Pentru determinarea caracteristicii filtrelor este necesar să se cunoască următoarele :

— debitul de aer purificat de filtru ;

— gradul de eficacitate al filtrului de praf, prin măsurarea concentrațiilor de praf înainte și după filtru ;

Scanned with OKEN Scanner

— rezistența filtrului și variația rezistenței acestuia pe măsura încărcării lui cu praf.

La determinarea caracteristicilor filtrelor de praf este necesar a ține seama de următoarele :

— regimul de funcționare a filtrului în funcție de procesul tehnologic. Prin schimbarea procesului tehnologic se schimbă și cantitatea de praf conținută în aer, modificîndu-se și eficacitatea filtrului. Din acest motiv este necesar ca probele pentru determinarea conținutului de praf să se ia atît în perioadele de degajare maximă a prafului cît și la degajările minime ;

— luarea probelor înaintea filtrului și după acesta trebuie să se facă concomitent, probele luate la intervale diferite neputînd da indicații care să caracterizeze just eficacitatea și modul de funcționare a filtrului ;

— rezistența filtrelor, în special a celor fără mecanism de curățire continuă, crește permanent, pe măsura înfundării stratului filtrant cu praf. Din această cauză rezistența filtrului și debitul lui trebuie determinate de cel puțin două ori — înaintea curățirii și imediat după curățire ;

— la încercarea filtrelor cu umezire se determină consumul de apă, măsurîndu-se eventual și presiunea acesteia (după construcția filtrului) ;

— la luarea probelor de aer după filtrele umede, se vor lua măsuri ca apa să nu inunde tuburile de cauciuc.

C. DETERMINAREA EFICACITĂȚII INSTALAȚIILOR

Pentru determinarea eficacității instalațiilor de ventilare și condiționare a aerului se verifică eficacitatea globală a instalației și eficacitatea igienico-sanitară în clădirile sau încăperile supuse reglementărilor de protecție a muncii.

■ În cadrul primei categorii de verificări, în încăperile deservite de instalație, se vor măsura următorii parametri ai aerului : viteza, temperatura și umiditatea relativă.

Înainte de efectuarea măsurătorilor pentru verificarea eficacității globale, se va verifica dacă procesul de producție are o desfășurare normală, dacă condițiile de viciere a încăperilor ventilate, legat de procesul tehnologic sau de simultaneitatea în funcționare a utilajelor tehnologice, de numărul de persoane, construcția clădirii etc., sînt similare cu condițiile admise ca bază de calcul la proiectarea instalației.

Scanned with OKEN Scanner

Măsurătorile se vor face în zona de lucru sau în alte puncte caracteristice ale încăperilor, atît cu instalația în funcțiune cît și cu instalația oprită.

Se verifică dacă rezultatele obținute corespund cu cele prescrise în proiect.

În exterior se măsoară temperatura și umiditatea relativă.

Se notează data și ora la care s-au făcut măsurătorile, căutîndu-se în general a se efectua pe un timp cu temperatura exterioară cît mai apropiată de cea prevăzută în calcul.

Determinările din exterior și interior se vor realiza simultan.

În cazul în care instalația de ventilare are mai multe regimuri de funcționare după anotimp sau după diferitele faze ale procesului tehnologic, eficacitatea se va determina pentru regimul corespunzător anotimpului existent în momentul recepției, respectiv al fazelor procesului tehnologic, care se desfășoară în timpul recepției. Pentru alte anotimpuri și faze tehnologice funcționarea instalației se va aprecia prin calcule și măsurători parțiale ; cînd acestea nu sînt concludente, verificarea se va face în timp, în perioade corespunzătoare.

Se recomandă folosirea aparatelor înregistratoare — termografe și higrografe. În lipsa acestora, măsurătorile se execută, pe toată durata lor, din jumătate în jumătate de oră.

Pe lîngă aceste măsurători se măsoară și consumurile la funcționarea instalației (căldură, apă, electricitate etc.), comparîndu-le cu cele prevăzute în proiect. De asemenea se verifică dacă zgomotul și vibrațiile sînt suficient amortizate spre a nu dăuna persoanelor din încăperi sau procesului de producție.

■ Pentru verificarea eficacității igienico-sanitare se efectuează toate determinările considerate ca necesare de către organele sanitare, cu ajutorul aparatelor și cu participarea acestor organe ; de exemplu, se determină prezența prafului, a gazelor toxice și a altor substanțe nocive. Aceste determinări se fac cu instalația în funcțiune și cu instalația oprită.

D. MANIPULAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI PĂSTRAREA APARATELOR DE MĂSURAT

Folosirea oricărui aparat de măsurat este condiționată de o serie de reguli de manipulare și de întreținere, care trebuie neapărat respectate.

După fiecare folosire aparatele trebuie curățate, eventual spălate, șterse și puse în cutia lor.

Scanned with OKEN Scanner

Orice manipulare dintr-un loc în altul trebuie făcută numai după ce aparatul a fost pus la locul lui în cutie, ferindu-l de lovituri și șocuri.

În afara regulilor generale menționate, în funcție de tipul aparatului, trebuie avute în vedere și următoarele reguli specifice :

— termometrele nu trebuie să fie puse în contact cu obiecte sau fluide ale căror temperaturi depășesc limitele lor de lucru ;

— termometrele trebuie folosite numai în poziția indicată în norme pentru fiecare tip în parte (orizontal sau vertical, înclinat etc.) ;

— termometrele nu trebuie să fie trecute brusc de la o temperatură la alta, cînd diferențele dintre valorile acestor temperaturi sînt foarte mari.

— Psihrometrul cu termometre poate da indicații corecte asupra umidității relative numai dacă este întreținut în perfectă stare și se respectă unele reguli de mînuire.

Prima grijă este ca evaporarea apei de pe bulbul termometrului umed să se poată face în condiții perfecte. Tifonul trebuie să fie de calitate bună și să absoarbă bine apa ; se folosește numai apă distilată. Tifonul trebuie să fie legat corect la termometru. În acest scop se va fixa termometrul într-un suport. O bucată de tifon curată se înfășoară o singură dată peste bulb, întinzîndu-se astfel ca să se petreacă cel mult pe o pătrime din circumferință. Apoi se leagă cu o ață deasupra bulbului, iar al doilea nod se face sub bulb. Ața nu trebuie strînsă prea tare, pentru a nu împiedica absorbirea apei. Toată suprafața rezervorului trebuie să fie acoperită cu tifon bine întins. Tifonul se retează la circa 20 cm sub legătură. Tifonul murdar nu absoarbe apa și dă indicații false ; apa trebuie schimbată des. Tifonul trebuie schimbat periodic după felul măsurărilor efectuate. Nichelajul aparatului trebuie îngrijit în mod deosebit. Aparatul nu se apucă cu mîinile asudate și trebuie ferit de orice murdărie și zgîrieturi.

Aparatul se păstrează în încăperi curate, la temperatură normală, ferit de praf, vapori de acizi, gaze sau alte influențe dăunătoare.

— Higrometrul cu fir de păr se verifică la interval de circa 2 luni. În cazul cînd a pierdut din sensibilitate din cauza murdăririi firului de păr, acesta trebuie spălat. Pentru aceasta, fără a desprinde firul de păr din suporturi, se desface axul și firul cu cadru se introduce în apa distilată dintr-o cuvetă fotografică. Firul se menține în apă circa 30 de minute, în care timp se spală cu un tampon de vată, cu multă atenție, pentru a nu-l întinde. După aceasta se montează din nou.

Dacă higrometrul a fost ținut într-un curent de aer rece, el se poate încărca cu gheață. Firul trebuie lăsat să se dezghețe încet la temperatura aerului din cameră.

Scanned with OKEN Scanner

La mutarea dintr-o poziție în alta în timpul măsurărilor trebuie să se imobilizeze acul, ținîndu-l apăsat cu mîna pe scară.

— Pentru a se evita defectarea sau deformarea paletelor, anemometrul nu se va folosi la măsurarea curenților de aer cu viteze mai mari decît cele specificate pe buletinul de utilizare al aparatului. Aparatul trebuie să fie ferit de lovituri și trepidații puternice, iar șaibele și șuruburile nu trebuie să fie deșurubate și nici strînse prea tare.

Deoarece, după un timp mai lung de utilizare, aparatul se uzează și poate da erori de măsurare, se recomandă ca periodic să fie supus unui control într-un tunel aerodinamic.

Anemometrele se pot folosi între limitele de temperatură de la —10°C pînă la +150°C.

Aparatele se păstrează cu opritorul deconectat, în încăperi uscate și încălzite, în care nu trebuie să existe vapori de acizi sau de alte substanțe care ar putea provoca coroziunea pieselor.

Pentru a se asigura întreținerea aparatului este bine ca la măsurarea vitezelor în atmosferă cu praf și ceață să se evite expunerea de durată a aparatului.

— Folosirea tubului manometric dă indicații bune cînd lichidul este curat și limpede, pereții sînt perfect curați, coloana de lichid nu este întreruptă de bule de aer, iar tuburile de cauciuc asigură o etanșeitate perfectă. În timpul cît se efectuează măsurătorile, micromanometrul trebuie supravegheat să nu se deregleze, lucru ce se face observînd ca nivelele să arate poziția perfect orizontală a aparatului.

Citirea se efectuează la stabilirea coloanei de lichid în tub. Dacă, din cauza pulsațiilor aerului în conductă, lichidul nu este stabil în tub, se va aprecia un nivel mediu.

Pentru liniștirea coloanei de lichid se mai poate recurge la strangularea parțială a tubului de cauciuc cu care se leagă aparatul la conductă.

La producerea de oscilații mari, măsurările se repetă pe o durată mai mare.

În timpul efectuării măsurătorilor de presiune trebuie să se observe ca în lichid să nu pătrundă bule de aer care falsifică rezultatul citirilor.

La transportul aparaturii trebuie avut grijă ca lichidul să nu se scurgă pe tuburile de cauciuc, deoarece se formează dopuri care împiedică citirea corectă.

Se poate întîmpla, din cauza loviturilor de aer pe care le primește tubul pneumometric la introducerea sa în conductă, ca lichidul din manometru să fie aruncat. Din această cauză se recomandă ca înainte de efectuarea măsurării, tuburile de cauciuc să fie strînse cu mîna, iar

Scanned with OKEN Scanner

accesul aerului în tuburi să se facă treptat și cîte puțin, astfel ca mișcarea lichidului să aibă loc încet și să nu ducă la evacuarea lui din tub.

Dacă lichidul a fost aruncat în tuburile de cauciuc, este necesar să se demonteze tot aparatul, să se sufle cu aer, să se usuce și numai după aceasta să se treacă la o nouă măsurare.

Verificarea cunoștințelor

14.1. *Măsurarea debitului ventilatorului în situația racordării la instalație se face :*

a) *cu toate organele de reglaj din instalație fixate în poziție normală de funcționare ;*
b) *cu toate gurile de refulare (sau aspirație) închise ;*
c) *cu toate gurile de refulare deschise ?*

14.2. *Debitul de căldură al bateriei se măsoară cu :*

a) *un termometru montat înaintea bateriei ;*
b) *un termometru montat după baterie ;*
c) *simultan cu două termometre, unul înainte și unul după baterie ?*

14.3. *Rezistența filtrelor se determină :*

a) *înainte de curățire și după curățire ;*
b) *numai înainte de curățire ;*
c) *numai după curățire ?*

14.4. *Determinarea eficacității igienico-sanitare se face :*

a) *la toate încăperile ;*
b) *numai la încăperile supuse reglementărilor normativelor republicane ;*
c) *la încăperi alese întîmplător ?*

14.5. *Determinarea eficacității globale în cazul instalațiilor cu mai multe regimuri de funcționare se face :*

a) *pentru regimul corespunzător anotimpului existent ;*
b) *pentru fiecare anotimp în parte ;*
c) *pentru anotimpul cel mai defavorabil ?*

14.6. *Termometrele se pot monta :*

a) *în orice poziție (orizontală, verticală sau înclinată) ;*
b) *fiecare tip într-o anumită poziție, conform normei de utilizare ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 15

REGLAREA INSTALAȚIILOR

A. REGLAREA INSTALAȚIILOR ÎNAINTE DE DAREA ÎN EXPLOATARE

Toate instalațiile de ventilare trebuie să aibă rețeaua de canale echilibrate aeraulic prin calcul sau prin organe de reglaj.

Echilibrarea prin calcul se realizează la proiectarea instalației. Prin proiect însă nu se poate asigura o echilibrare perfectă a rețelei de canale, de aceea pentru reglarea instalației se prevăd, prin proiect, dispozitive de reglaj, montate la ventilator, pentru obținerea debitului total al instalației, și la ramificații, pentru obținerea debitelor de aer, la gurile de refulare sau aspirație.

Natura operațiilor de reglare depinde de scopul urmărit de instalația respectivă.

În cazul unei instalații de aspirație se caută a se obține, în fiecare punct de absorbție, debitul de aer prescris, operația de reglare rezumîndu-se în principal la realizarea debitelor de aer cerute.

În cazul unei instalații de introducere sau de încălzire cu aer cald se caută a se obține, în fiecare punct de refulare, în afară de debitul de aer prescris și temperatura cerută aerului.

În instalațiile de condiționare se urmărește obținerea și a unei anumite umidități relative necesare fie pentru confort, fie pentru nevoile procesului tehnologic, o anumită puritate și curățenie a aerului etc.

Elementul de bază al instalației, ventilatorul, trebuie reglat spre a corespunde presiunii și debitului de aer prescris.

În cazul în care diferența dintre debitul de aer măsurat și cel prevăzut în proiect este mai mare decît cea admisă ($\pm 5\%$) se poate adopta una din următoarele măsuri :

— modificarea turației ventilatorului, în limitele admise de întreprinderea producătoare și cu acordul scris al acesteia ;

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 15

REGLAREA INSTALAȚIILOR

A. REGLAREA INSTALAȚIILOR ÎNAINTE DE DAREA ÎN EXPLOATARE

Toate instalațiile de ventilare trebuie să aibă rețeaua de canale echilibrate aeraulic prin calcul sau prin organe de reglaj.

Echilibrarea prin calcul se realizează la proiectarea instalației. Prin proiect însă nu se poate asigura o echilibrare perfectă a rețelei de canale, de aceea pentru reglarea instalației se prevăd, prin proiect, dispozitive de reglaj, montate la ventilator, pentru obținerea debitului total al instalației, și la ramificații, pentru obținerea debitelor de aer, la gurile de refulare sau aspirație.

Natura operațiilor de reglare depinde de scopul urmărit de instalația respectivă.

În cazul unei instalații de aspirație se caută a se obține, în fiecare punct de absorbție, debitul de aer prescris, operația de reglare rezumîndu-se în principal la realizarea debitelor de aer cerute.

În cazul unei instalații de introducere sau de încălzire cu aer cald se caută a se obține, în fiecare punct de refulare, în afară de debitul de aer prescris și temperatura cerută aerului.

În instalațiile de condiționare se urmărește obținerea și a unei anumite umidități relative necesare fie pentru confort, fie pentru nevoile procesului tehnologic, o anumită puritate și curățenie a aerului etc.

Elementul de bază al instalației, ventilatorul, trebuie reglat spre a corespunde presiunii și debitului de aer prescris.

În cazul în care diferența dintre debitul de aer măsurat și cel prevăzut în proiect este mai mare decît cea admisă ($\pm 5\%$) se poate adopta una din următoarele măsuri :

— modificarea turației ventilatorului, în limitele admise de întreprinderea producătoare și cu acordul scris al acesteia ;

Scanned with OKEN Scanner

— modificarea rezistenței aeraulice a instalației prin lucrări a căror valoare se înscrie în limitele devizului ;
— modificarea condițiilor inițiale ale proiectului, numai cu acordul comun al beneficiarului instalației și al proiectantului ;
— înlocuirea ventilatorului.

Turația poate fi modificată cu ușurință la ventilatoarele antrenate prin curele, prin schimbarea diametrului uneia din șaibe, a ventilatorului sau motorului.

La ventilatoarele calate direct cu motorul electric, turația nu poate fi modificată decît prin folosirea de motoare electrice cu mai multe trepte de viteză, ceea ce permite reglajul turației. Acest lucru este un caz rar întîlnit în instalațiile de ventilare, datorită tipurilor curente de motoare electrice folosite.

La ventilatoarele axiale la care unghiul de atac al paletelor poate fi modificat prin schimbarea paletei pe butuc se obține un reglaj ușor.

Cînd debitul și presiunea ventilatorului sînt egale sau mai mari decît cele prevăzute în proiect, precum și în cazul cînd debitul ventilatorului este mai mare decît cel prevăzut în proiect, iar presiunea este puțin mai mică sau egală cu cea prescrisă, se poate trece la reglarea debitelor cu ajutorul organelor de reglare, fără a mai fi necesară o reglare prealabilă a ventilatorului. Reglarea propriu-zisă se începe cu ramificațiile cele mai depărtate de ventilator. Mai întîi se măsoară debitele de aer pe fiecare din ramificații. Dacă acestea corespund cu cele din proiect nu este necesară nici o reglare și organul respectiv (clapete sau jaluzele de reglaj) rămîne deschis complet. În caz contrar se manevrează organele de reglare, măsurîndu-se de fiecare dată debitele în cele două ramificații, pînă se obțin valorile din proiect. În mod similar se procedează, mergînd din aproape în aproape, pînă la ramificația cea mai apropiată de ventilator.

Procedeul este identic atît pentru canalele de refulare cît și pentru cele de aspirație.

La rețelele de canale echilibrate prin organe de reglaj, se admite ca debitul real de aer într-o ramificație, obținut după reglare, să difere, în funcție de gradul de precizie necesar cu 2—5% din debitul indicat în proiect.

■ După efectuarea acestui reglaj al debitelor pe ramificații, se procedează la o nouă măsurare a debitului și presiunii ventilatorului, cu organele de reglare fixate în pozițiile care au rezultat din operația de reglare. În cazul cînd debitul ventilatorului nu corespunde cu cel prevăzut în proiect se reglează ventilatorul prin modificarea turației acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

La măsurarea debitului și presiunii ventilatorului pot apărea următoarele nepotriviri față de proiect :

a) Presiunea ventilatorului poate fi mai mare sau egală cu cea prevăzută în proiect, iar debitul de aer, mai mic decît cel proiectat. Situația aceasta este urmarea existenței unor rezistențe prea mari în rețea. Se poate realiza o corectare reducînd puțin, dacă este posibil, turația ventilatorului și deschizînd șubărele de reglare pentru a se micșora rezistențele canalului de aer pînă la obținerea concordanței datelor măsurate cu cele proiectate.

În unele cazuri, micșorarea rezistențelor se poate obține prin confecționarea de coturi cu rază mai mare de curbură, prin montarea de palete de dirijare a aerului la schimbările de direcție etc.

b) Presiunea ventilatorului poate fi mai mică decît cea rezultată din calcul, iar debitul de aer mai mare decît cel proiectat ; defectul este provocat de rezistențele prea mici din rețeaua de canale sau de lipsa de etanșeitate a acestora, ducînd la pierderi de aer.

Corectarea debitului și presiunii la valorile din proiect se poate realiza prin mărirea, cînd este posibil, a turației ventilatorului și prin mărirea rezistențelor canalelor de aer. Aceasta din urmă se poate obține prin închiderea în mai mare măsură a organelor de reglare sau prin introducerea de rezistențe suplimentare (clapete sau șubăre de reglare).

c) Debitul și presiunea realizate de ventilator pot avea valori mai mici decît cele prevăzute în proiect. Neajunsul poate fi provocat de turația prea mică a ventilatorului sau defecte în construcția acestuia.

În afara reglării debitelor de aer pe canalele de aer, la ramificații și guri și a reglajului debitului și presiunii ventilatoarelor, în cadrul instalațiilor de ventilare se efectuează operații de reglaj și asupra altor elemente.

— Jaluzelele de reglaj au rolul de a închide total sau parțial trecerea aerului și de a asigura, în unele cazuri, un amestec corect al mai multor cantități de aer în anumite proporții dorite. În acest sens se realizează probe măsurîndu-se debitul de aer, temperaturile și umiditățile rezultate. Probele de lucru se fac atît pentru situații intermediare cît și pentru cele extreme, cu jaluzele complet deschise sau complet obturate.

— Clapetele de reglaj de pe ramificații sau de pe canalele de aer, după realizarea reglării debitelor de aer, se fixează în poziția rezultată, fie prin aplicarea unei lipituri cu cositor, fie prin strîngerea unui șurub de fixare.

În ansamblu, anterior exploatării, operațiile de reglare au caracterul în principal al unui reglaj acraulic.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicație

Pe baza măsurătorilor efectuate la un ventilator se constată că debitul de aer măsurat este de 11 000 m³/h în loc de 10 000 m³/h cît este stabilit prin proiect. Ventilatorul este acționat prin curele trapezoidale avînd turația de 400 rot/min. Ce soluție se adoptă pentru a se asigura debitul cerut de proiectant ?

Rezolvare. Diferența dintre debitul de aer prescris și cel măsurat fiind mică, soluția recomandată este aceea de a micșora turația prin schimbarea șaibei ventilatorului. Calculul turației noi se face pe baza relației care stabilește că debitele sînt proporționale cu turațiile :

$$D_1 = 11\,000 \text{ m}^3/h ;$$
$$n_1 = 400 \text{ rot/min} ;$$
$$D_2 = 10\,000 \text{ m}^3/h.$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad n_2 = \frac{D_2 \cdot n_1}{D_1} = \frac{10\,000 \cdot 400}{11\,000} = 363 \text{ rot/min.}$$

B. REGLAREA INSTALAȚIILOR ÎN EXPLOATARE

Pe lîngă verificarea regimului aeraulic din canale, mai este necesar să se verifice concordanța dintre parametrii de stare ai aerului realizați efectiv și cei prevăzuți în proiect.

Aceste verificări se referă la :

— umiditatea și temperatura aerului introdus în încăperi ;

— umiditatea și temperatura aerului din interior ;

— concentrația nocivităților în aerul interior sau cel evacuat în unele cazuri deosebite.

Pentru aceasta se efectuează măsurători cu aparate sau dispozitive corespunzătoare.

Valorile diferite ale parametrilor măsurați, față de cele prevăzute în proiect, pot avea diferite cauze.

Astfel, existența unor temperaturi a aerului mai ridicate decît cele considerate în proiect poate fi cauzată de o supradimensionare a bateriilor de încălzire, de temperatura mai ridicată a agentului termic sau de un debit mai mare al purtătorului de căldură. Pentru realizarea valorilor propuse este necesar să se acționeze asupra cauzelor determinante, în cazul exemplului dat este necesar să se realizeze corecțiile necesare fie temperaturii, fie debitului agentului termic.

■ În unele cazuri, la instalații funcționînd prin amestec, corectarea temperaturilor aerului se poate obține și prin modificarea proporțiilor amestecului de aer (proaspăt și recirculat).

Înainte de a se măsura și corecta temperaturile este necesar a se verifica buna funcționare a bateriilor de încălzire.

Scanned with OKEN Scanner

■ Reglarea unei instalații poate fi simțitor influențată de neomogenitatea încălzirii aerului în baterie, fie printr-o neuniformă trecere a aerului prin întreaga secțiune a bateriei, fie printr-o circulație defectuoasă prin baterie a agentului termic.

Acest lucru se poate corecta atît prin intercalare de ghidaje pe racordurile de aer, spre a se uniformiza trecerea aerului prin întreaga secțiune a bateriei, cît și prin deschiderea totală sau parțială a ventilelor de pe conductele agentului termic, o bună aerisire a bateriei, o scurgere corectă a condensatului etc.

■ Nepotrivirea valorilor umidității relative față de prevederile proiectului se poate corecta prin varierea debitului de apă pulverizată în aparatul de umidificare, sau prin modificarea proporțiilor amestecurilor.

Concentrarea nocivităților se verifică prin determinări și probe cu ajutorul unei aparaturi de specialitate, existentă de obicei în dotarea și în sarcina organelor sanitare de specialitate.

Instalațiile de ventilare se reglează, de obicei, cu filtrul curat. În exploatare, acesta se îmbîcsește cu diverse impurități (praf, scame etc.), determinînd creșterea rezistenței la trecerea aerului și, deci scăderea debitului de aer vehiculat de ventilator. În acest caz, chiar în condițiile respectării debitului și temperaturii agentului termic, temperatura aerului va fi diferită de cea calculată, iar reglarea instalației devine mai dificilă.

La instalațiile de ventilare cu suprapresiune și la cele de încălzire cu aer cald, scopul principal al reglării este de a se asigura, pe lîngă debitele de aer, și temperatura cerută.

La aceste instalații se urmărește, în principal, corecta funcționare a bateriilor de încălzire. Trebuie să aibă loc o bună circulație a fluidului încălzitor în interiorul țevilor, lucru ce se verifică cu ajutorul unor termometre de contact aplicate pe racordurile de intrare și ieșire ale bateriei. Temperaturile trebuie să corespundă cu cele ale funcționării normale ale bateriei, iar dacă nu corespund trebuie depistată și remediată cauza (armături care nu închid bine, strangulări pe conductă, corpuri străine în interior etc.).

De asemenea se controlează temperatura aerului la intrarea și la ieșirea din baterie. La diferențe însemnate față de proiect se determină și se remediază cauza (debit incorect al ventilatorului, presiune insuficientă sau rezistență prea mare a bateriei).

■ La instalațiile de condiționare se urmărește, în plus, ca la reglare să se asigure și umiditatea relativă prevăzută în proiect.

În acest scop se controlează modul cum pulverizează duzele de stropire. Cele care nu stropesc normal se înlocuiesc sau se pun în stare de funcționare corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

Reglarea operației de umidificare se bazează pe natura procesului ce are loc în camera de umidificare (umidificarea cu apă recirculată, umidificarea cu apă proaspătă sau umidificarea cu abur viu).

■ În exploatarea instalațiilor de ventilare și de condiționare a aerului, reglarea curentă are drept scop menținerea parametrilor de stare ai aerului la valorile și în cadrul limitelor prevăzute în proiect. În cazul reglării în principal a temperaturii aerului, aceasta se poate realiza în următoarele feluri :

— prin modificarea debitului de aer proaspăt (exterior), care se introduce fără a i se schimba temperatura. În acest caz, reglarea poartă denumirea de „cantitativă" și se obține prin închiderea sau prin deschiderea, mai mult sau mai puțin, a jaluzelelor prizei de aer proaspăt ;

— prin modificarea temperaturii aerului proaspăt introdus, menținîndu-se debitul constant. Acest mod de reglare poartă denumirea de „calitativă" și se obține acționînd asupra ventilului de pe conducta de alimentare cu agent termic a bateriei de încălzire ;

— prin modificarea atît a debitului cît și a temperaturii aerului proaspăt introdus. Acest lucru se poate realiza prin schimbarea proporției amestecului de aer exterior și aer recirculat, acționînd asupra clapetei din camera de amestec, precum și prin acționarea asupra debitului de agent termic ce trece prin bateria de încălzire. Acest mod de reglare poartă denumirea de „mixtă".

■ Dacă este necesar a se menține constante atît temperatura cît și umiditatea aerului din încăpere, reglarea este mai complicată și se realizează în cadrul camerei de condiționare. Se acționează, după caz, asupra debitului de aer proaspăt exterior, asupra proporției de aer exterior și de aer recirculat, asupra debitului de agent termic sau, uneori, și asupra parametrilor de temperatură ai acestuia, asupra debitului și temperaturii apei de umidificare și asupra debitului de abur, în cazul umidificării cu abur viu. În general, acest reglaj este destul de complicat și dificil și se realizează printr-o automatizare adecvată.

C. REGLAREA AUTOMATĂ A INSTALAȚIILOR

Operațiile de reglaj se pot realiza în mod automat cu ajutorul instalațiilor de automatizare.

■ După modul de acționare aceste instalații pot fi :

— cu două poziții, dînd în general comandă pentru pozițiile de „închis" și „deschis", care se pot aplica la orice ventil de abur, apă caldă

Scanned with OKEN Scanner

sau rece, precum și pentru jaluzelele de trecere a aerului. Sistemul este bipozițional și mai poartă denumirea de „tot sau nimic" ;

— în trepte, instalația putînd pune organul de execuție, ventil sau jaluzele, în mai multe poziții, dintre care două extreme, închis și deschis, și cîteva intermediare fixe (de exemplu, deschis la 1/4, la 1/3, la 1/2, la 3/4 etc.). Sistemul poartă denumirea și de „multipozițional" ;

— cu mers continuu pe toată cursa organului, în proporție cu cererea. Aparatura este denumită „proporțională".

Primele două categorii se folosesc cînd reglarea se realizează cu intermitență, iar ultima în cazul unei reglări continue și stabile.

■ După modul de funcționare, instalațiile de reglare automată pot fi :

— cu acționare continuă, folosită cînd se cere o reglare stabilă, adică menținerea invariabilă în timp a parametrilor de stare ai aerului ;

— cu acționare intermitentă, folosită cînd parametrii de stare ai aerului pot să varieze în timp între anumite limite.

■ După felul energiei de acționare, instalația de automatizare poate fi :

— electrică, cînd se întrebuințează energie electrică ;

— pneumatică, cînd se întrebuințează aer comprimat ;

— hidraulică, cînd se folosește energia unui lichid sub presiune.

Pot exista și sisteme mixte de reglare, cînd pentru reglare se folosesc două feluri de energie (reglare electrohidraulică sau electropneumatică). Cele mai utilizate sisteme de reglare automată sînt cele electropneumatice.

■ După modul cum se transmit comenzile, instalațiile de reglare automată pot fi :

— cu acționare directă, cînd elementul de percepere a parametrului de stare a aerului acționează direct asupra organului de reglare, adică folosind aceeași sursă de energie ;

— cu acționare indirectă, cînd elementul de percepere acționează asupra unei instalații auxiliare ce pune în funcțiune o sursă de energie (electrică, lichid sau aer sub presiune), care la rîndul ei acționează asupra organului de reglare.

Fiecare instalație de reglare automată se compune din cel puțin două elemente :

— un element numit regulator, care este influențat de variațiile parametrului reglat al aerului (temperatura sau umiditatea) și pe care

Scanned with OKEN Scanner

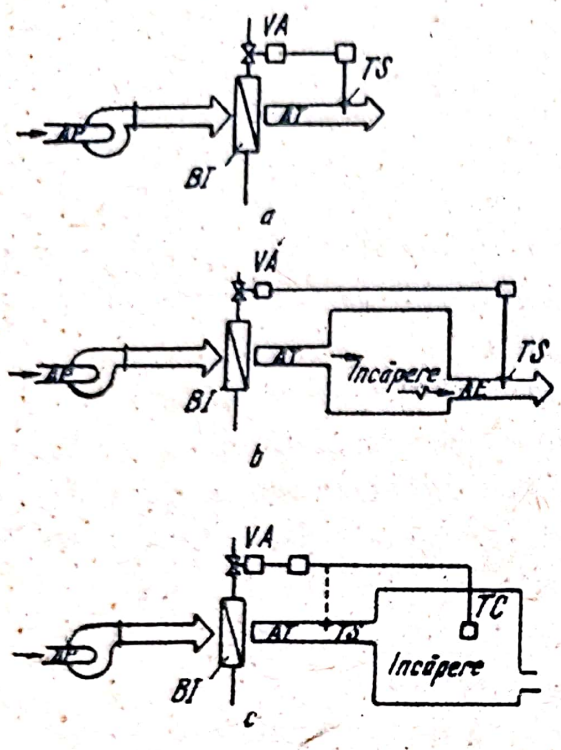


Fig. 15.1. Reglarea temperaturii aerului :

a — cu comanda bateriei de încălzire după temperatura aerului din canalul de refulare ; *b* — cu comanda bateriei de încălzire după temperatura aerului evacuat din încăpere ; *c* — după temperatura încăperii ; *TC* — termostat de cameră ; *TS* — termostat de canal ; *VA* — ventil automat ; *BI* — baterie de încălzire.

le transformă în impulsuri ; acesta este elementul care comandă reglarea ; din această categorie fac parte termometrele și umidostatele ;

— un element care constituie mecanismul executiv și care acționează în consecință asupra organului de reglare (ventil, clapete, jaluzele), închizîndu-l sau deschizîndu-l total sau parțial, în concordanță cu impulsul primit de la elementul de comandă.

Cele două elemente sînt legate între ele printr-o conductă electrică sau printr-o conductă de aer sau de lichid, prin care se transmite impulsul arătat.

■ Schemele după care se montează aparatele folosite pentru reglarea automată a instalațiilor de ventilare și de condiționare a aerului diferă după felul instalației și după cerințele impuse cu privire la reglarea parametrilor aerului.

Reglarea temperaturii aerului (fig. 15.1). Temperatura aerului de refulare se menține constantă sau între anumite limite, în funcție de termostatul care comandă ventilul automat de pe conducta de alimentare cu agent termic a bateriei de încălzire. Schema este valabilă și pentru răcirea aerului, în perioada de vară, în locul bateriei de încălzire fiind aceea de răcire.

Reglarea amestecului de aer. Se efectuează în cele mai multe cazuri acționînd simultan (conjugat) clapetele de pe canalele de aer proaspăt, de recirculare și de evacuare, în funcție de temperatura amestecului sau aceea a aerului exterior. În acest caz termostatul comandă servomotorul de acționare a pîrghiilor clapetelor.

Reglarea temperaturii și a umidității aerului. Temperatura aerului se reglează cu ajutorul unor termostate, iar umiditatea poate fi reglată, după caz, fie cu ajutorul tot al unui termostat (fig. 15.2), fie cu ajutorul umidostatului (fig. 15.3).

Scanned with OKEN Scanner

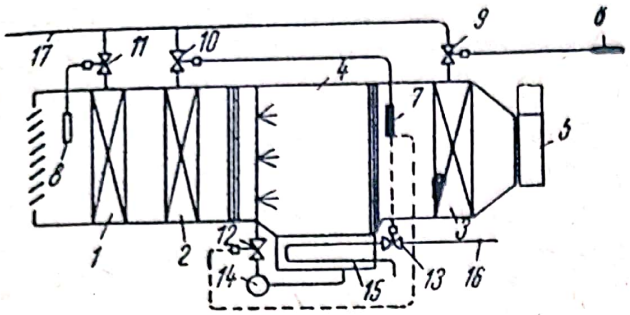


Fig. 15.2. Schema reglării temperaturii și umidității, fără degajări suplimentare de căldură :

1, 2 și *3* — baterii de încălzire ; *4* — cameră de umidificare ; *5* — ventilator ; *6* și *7* — termostate proporționale ; *8* — termostat bipoziționat ; *9, 10, 11, 12* și *13* — ventile automate ; *14* — pompă ; *15* — bazin cu serpentină de încălzire a apei de umidificare ; *16* și *17* — conducte de agent termic.

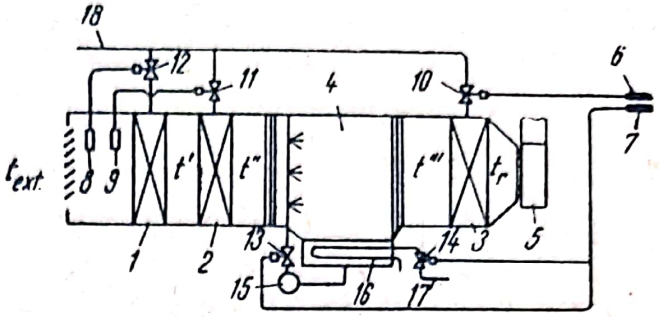


Fig. 15.3. Schema reglării temperaturii și umidității, la variații mari de umiditate :

1—5 — reperele au semnificația din figura precedentă ; *6* — termostat proporțional ; *7* — umidostat ; *8* și *9* — termostate bipoziționale ; *10, 11, 12, 13* și *14* — ventile automate ; *15* — pompă ; *16* — bazin cu serpentină de încălzire a apei umidificate ; *17* și *18* — conducte de agent termic.

În primul caz, termostatul respectiv acționează atît asupra ventilului automat al bateriei de încălzire cît și asupra ventilelor ce reglează cantitatea și temperatura apei pulverizate.

În al doilea caz, umidostatul acționează numai asupra cantității și temperaturii apei pulverizate.

Verificarea cunoștințelor

15.1. *La reglarea instalației de ventilare se urmărește ca ventilatoarele să fie reglate pentru a corespunde :*

a) *numai presiunii prescrise ;*
b) *numai debitului prescris ;*
c) *atît debitului cît și presiunii prescrise ?*

15.2. *Corectarea debitului și presiunii la valorile din proiect se poate realiza :*

a) *prin schimbarea turației ventilatorului ;*
b) *prin modificarea mărimii rezistențelor canalelor de aer ;*
c) *atît prin schimbarea turației ventilatorului, cît și prin modificarea rezistențelor canalelor de aer ?*

15.3. *La reglarea instalației înainte de darea în exploatare, nepotrivirile valorilor umidității relative față de prevederile proiectului se pot corecta prin :*

a) *modificarea debitului de apă în aparatul de umidificare ;*
b) *modificarea proporțiilor amestecurilor ;*
c) *modificarea atît a debitului cît și a proporțiilor amestecurilor ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 16

ÎNTREȚINEREA, EXPLOATAREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR

A. PORNIREA ȘI OPRIREA INSTALAȚIILOR

Instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului se pornesc și se opresc totdeauna numai de către personalul responsabil cu aceste instalații.

Instalațiile de ventilare sînt puse în funcțiune simultan cu începerea lucrului în atelierele cu degajări nocive slabe. De regulă se pornesc inițial instalațiile de refulare și apoi cele de absorbție. În atelierele în care au loc degajări nocive puternice instalațiile de ventilare se pornesc înainte de începerea procesului de producție cu circa 10—15 min, punîndu-se în funcțiune inițial instalațiile de evacuare și apoi cele de refulare. În locurile în care ventilarea este combinată cu încălzirea cu ajutorul aerului cald și în încăperile condiționate, instalațiile se pornesc înainte de ocuparea încăperilor cu o perioadă de timp necesară realizării condițiilor interioare de temperatură și umiditate.

Pentru a se evita trecerea aerului viciat din încăperile cu degajări puternice în cele slab viciate, se pornesc întîi instalațiile de refulare din încăperile slab viciate și apoi instalațiile de evacuare din încăperile cu degajări puternice.

Instalațiile se pornesc numai după ce, în prealabil, au fost verificate :

— etanșeitatea gurilor de vizitare și de control ;
— așezarea și întinderea curelelor pe șaibe ;
— strîngerea buloanelor de postament ;
— lipsa de corpuri străine în agregate etc.

Responsabilul instalației este obligat să urmărească ca persoanele străine de instalație să nu intervină în funcționarea acesteia, de exem-

Scanned with OKEN Scanner

plu : să nu astupe gurile de aspirație, de refulare, fantele etc., și să nu manevreze diversele organe de închidere și reglaj (clapete, jaluzele, șubăre etc.).

■ La punerea în funcțiune a unei instalații de ventilare și de condiționare trebuie să se înceapă cu următoarele operații :

— se deschid ventilele de pe conductele ce alimentează bateriile de încălzire sau de răcire și se lasă să se realizeze în timp de 5—10 min încălzirea sau răcirea ;

— se pune în funcțiune instalația de alimentare cu apă a diverselor circuite (umidificator, filtre umede, răcire etc.) ;

— se pun în funcțiune instalațiile anexe servind la ozonizarea sau sterilizarea aerului ce se refulează, neutralizarea și purificarea aerului evacuat ;

— fixarea organelor de obturare din tubulatura instalației (jaluzele, clape, șubăre etc.) în poziția necesară.

La pornirea ventilatorului se ține seama de tipul acestuia și de felul acționării.

La 10—15 min după pornire se controlează dacă instalația funcționează în bune condiții.

Oprirea instalației de ventilare are loc :

— după 5—10 min de la scoaterea din funcțiune a utilajului tehnologic pe care îl deservește ;

— după minimum 15—20 min de la încetarea lucrului în atelierele cu degajări nocive sau după o perioadă de timp ce se apreciază în funcție de natura și intensitatea degajărilor.

■ Operația de oprire a unei instalații de ventilare are loc în următoarea succesiune :

— se deconectează motorul electric de antrenare a ventilatorului ;

— se închid jaluzelele de pe canalul de aducțiune a aerului proaspăt în cazul instalațiilor de refulare sau clapeta de pe canalul de evacuare în cazul instalațiilor de aspirație ;

— se oprește instalația de alimentare cu apă a diverselor circuite ;

— se oprește alimentarea cu agent termic a bateriilor de încălzire, respectiv cu cel frigorific a celor de răcire ;

— se scot din funcțiune instalațiile anexe și se verifică de către responsabilul instalației dacă există sau nu defecțiuni ale vreunui element.

Scanned with OKEN Scanner

B. REGULI PRIVIND SUPRAVEGHEREA FUNCȚIONĂRII INSTALAȚIILOR

Instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului pot funcționa în felul următor :

— continuu sau în conformitate cu graficul de lucru sau cu programul de funcționare al încăperilor ce le deservesc ;

— simultan cu utilajul tehnologic deservit (uscătorii, cuptoare, aspirații locale, dușuri de aer etc.).

Menținerea permanentă a condițiilor de microclimat de către instalație se realizează prin : supravegherea periodică a aparatelor de control și măsură sau a instalației de automatizare în cazul reglajului automat și acționarea asupra dispozitivelor de reglare manuală.

În cazul în care se constată abateri de la condițiile de funcționare impuse prin instrucțiunile specifice de exploatare, responsabilul instalației va analiza cauzele și va lua măsuri de remediere.

Supravegherea instalațiilor de ventilare și condiționare în timpul funcționării lor revine responsabilului instalației și are ca scop menținerea cît mai constantă, în timp, a factorilor de microclimat din încăperi și funcționarea silențioasă, fără defecțiuni.

■ Supravegherea instalațiilor constă în :

— menținerea în poziție fixă a organelor de reglaj (jaluzele, clapete, palete de reglaj etc.) ;

— observarea funcționării normale a elementelor instalației (ventilator, baterie de încălzire, sisteme de filtrare etc.) ;

— observarea indicațiilor aparatelor de măsură și înregistrare (manometre, termometre, psihrometre, umidostate etc.) montate în instalație și în încăperile deservite.

Funcționarea instalațiilor este controlată de către responsabilul instalației, urmărindu-se funcționarea în timp prin analizarea înregistrărilor aparatelor înregistratoare (termografe, higrografe etc.).

Controlul funcționării este necesar să se efectueze în special acolo unde nu există automatizarea instalațiilor, verificîndu-se următorii factori :

— temperatura, umiditatea și viteza aerului ;

— consumul de agent termic, energie electrică, apă și agent frigorific.

Variațiile în timp ale acestor factori în funcție de condițiile atmosferice exterioare și ale procesului tehnologic trebuie să fie urmărite în scopul adaptării instalației la condițiile variabile.

Scanned with OKEN Scanner

C. REGULI PENTRU ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR

Întreținerea instalațiilor se efectuează de responsabilul instalației respective, pe bază de instrucțiuni precise și grafice de întreținere, similare celor pentru diverse utilaje de producție sau mașini.

■ Întreținerea elementelor instalațiilor de ventilare și condiționare constă din următoarele operații :

— ungerea elementelor în mișcare (lagăre, rulmenți etc.) ;

— ungerea elementelor de acționare (pîrghii de comandă ale jaluzelelor și clapetelor, role, cabluri etc.) ;

— descărcarea și curățarea unor elemente din sistemul de filtrare a aerului (celule filtrante, cicloane, filtre cu saci, camere de decantare etc.) ;

— curățarea de praf a unor elemente ale instalației (jaluzele, grătare, plase de sîrmă etc.) ;

— spălarea și desfundarea circuitelor de apă și abur.

Termenele pentru efectuarea operațiilor care compun întreținerea diverselor elemente se stabilesc în funcție de specificul instalației și de timpul de funcționare al acesteia.

Responsabilul instalației de ventilare-condiționare trebuie să aibă grijă ca reviziile și reparațiile planificate să fie efectuate la termenele stabilite și să ia parte la recepția efectuată după repararea diverselor elemente și să răspundă de calitatea execuției.

D. REPARAREA INSTALAȚIILOR

Prin repararea instalațiilor de ventilare și condiționare se urmărește să se readucă acestea la condițiile și calitățile inițiale de funcționare sau cît mai aproape de datele din fișa tehnică, pentru a se asigura condițiile de microclimat în încăperi sau la locurile de muncă, desfășurarea normală a proceselor de producție legate de funcționarea instalațiilor de ventilare și mărirea duratei de funcționare a instalațiilor.

■ Sistemul reparațiilor și reviziilor periodice planificate este singurul sistem eficace, deoarece permite :

— planificarea reparațiilor pe un interval de timp mai îndelungat ;

— pregătirea reparațiilor din timp, reducîndu-se astfel timpul de nefuncționare a instalației ;

— limitarea scoaterii din funcțiune a instalației din cauza avariilor ;

— reducerea cheltuielilor de reparare.

Planificarea reparațiilor periodice trebuie astfel întocmită încît să nu împiedice desfășurarea normală a procesului tehnologic în încăperile deservite de instalațiile de ventilare respective.

Scanned with OKEN Scanner

Se recomandă ca reviziile periodice și reparațiile elementelor instalațiilor de ventilare să se facă concomitent cu ale utilajului tehnologic pe care îl deservesc sau în perioadele de timp cînd eventual se poate asigura folosirea încăperilor respective și fără funcționarea totală sau parțială a instalației.

Se va evita sistemul reparațiilor neplanificate, deoarece conduce la uzura pronunțată a instalațiilor, la perturbări ale procesului de producție sau ale gradului de folosire a încăperilor deservite și la mărirea cheltuielilor de reparare.

Pentru a se realiza condițiile necesare efectuării lucrărilor de reparații, se va avea în vedere :

— stabilirea conținutului și complexității lucrărilor de reparații ;

— aprecierea timpului necesar pentru efectuarea lucrărilor de reparații, a timpului de nefuncționare a instalației de ventilare ; a consumului de materiale ; a rezervei necesare de piese de schimb și a costului reparațiilor ;

— stabilirea ciclului de reparații ;

— organizarea echipelor necesare efectuării lucrărilor de reparații ;

— organizarea evidenței exploatării și reparării instalațiilor de ventilare ;

— controlul calității exploatării și reparării instalațiilor de ventilare.

■ Sistemul reparațiilor preventive planificate cuprinde următoarele grupe de lucrări :

— reparații de serviciu ;

— revizii periodice ;

— reparații periodice curente ;

— reparații periodice mijlocii ;

— reparații periodice capitale.

Reparația de serviciu constă în înlăturarea micilor defecțiuni ivite în timpul funcționării și se execută de către responsabilul instalației de ventilare, în timpul schimbului său (de exemplu, strîngerea piulițelor, a șuruburilor, baterea penelor, înlocuirea unor garnituri etc.).

Revizia periodică se execută de către personalul instalației de ventilare după grafice întocmite. Se poate efectua revizia periodică atunci cînd instalația nu funcționează sau în timpul funcționării acesteia dacă nu există pericol de accidentare.

Revizia periodică urmărește să stabilească starea tehnică a elementelor instalației de ventilare și să descopere defecțiunile ce trebuie remediate.

După efectuarea reviziei periodice se întocmește un extras al defecțiunilor constatate, în care se specifică părțile instalației care au nevoie de reparație sau înlocuire, precum și materialele necesare.

Scanned with OKEN Scanner

Reparația periodică curentă constă în : înlăturarea defecțiunilor și stricăciunilor, înlocuirea pieselor uzate, curățarea elementelor instalației și restabilirea funcționării normale a diverselor agregate și mecanisme.

Reparația periodică curentă se execută la locul de amplasare a instalației, de către mecanicul unității sau din cadrul unei unități de specialitate.

Reparația periodică mijlocie se deosebește de reparația curentă prin faptul că are un volum mai mare de lucrări, un număr mare de piese schimbate și o verificare completă a caracteristicilor tehnice ale instalației.

Reparația periodică capitală constă din :

— demontarea instalației de ventilare și a anexelor acesteia ;

— verificarea și repararea tuturor pieselor instalației (conducte de aer, de apă, de abur, filtre, baterii de încălzire etc.) ;

— schimbarea pieselor uzate ale agregatelor (ventilator, pompă, motor electric, compresor etc.) ;

— verificarea completă a eficacității instalației.

După reparația periodică capitală a unei instalații de ventilare se va executa întotdeauna și reglarea instalației.

Reparația periodică capitală se execută de către o echipă de reparații, în atelierul de reparații.

În caz de reconstrucție sau modificare a unei instalații de ventilare se vor întocmi proiectele respective. Nici o lucrare de execuție sau montaj nu se va executa în scopul modificării sau reconstrucției unei instalații de ventilare, fără avizul conducătorului tehnic al unității, în sarcina căruia revine și urmărirea acestora.

După executarea unei lucrări de reparații capitale, de modificare sau de reconstrucție a unei instalații de ventilare, se va recepționa lucrarea în conformitate cu STAS 5184-69 „Instalații de ventilare. Condiții de recepție" și a prevederilor din Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare — INCERC 1973.

E. ORGANIZAREA EXPLOATĂRII

O exploatare corectă a instalațiilor de ventilare implică următoarele :

— existența unor servicii de exploatare și, în special, a unui personal care să răspundă de exploatare ;

Scanned with OKEN Scanner

— instalațiile să fie luate în primire la timp cu forme legale ; să se întocmească fișa lor tehnică și să se completeze jurnale de exploatare ;

— capacitatea instalațiilor de alimentare cu energie termică, electrică și cu frig să corespundă cerințelor ;

— existența aparatelor de măsură și control necesare, fără de care nu se poate urmări funcționarea corectă a instalației.

La terminarea recepției tehnice a instalației de ventilare și condiționare, comisia decide dacă instalația este aptă pentru darea în exploatare normală sau dacă este necesar să fie înlăturate în prealabil defectele constatate. Numai instalațiile acceptate de comisie pot fi date în exploatare.

Pentru fiecare instalație nouă sau reparată capital trebuie să se întocmească o documentație tehnică alcătuită din :

— un certificat de funcționare (fișă tehnică) ;

— un jurnal de exploatare și reparații ;

— instrucțiuni speciale de exploatare.

Certificatul de funcționare (fișa tehnică) se întocmește la luarea în primire a instalației pentru exploatare. În certificat se trec toate caracteristicile tehnice și de funcționare ale instalației (canale de aer, agregate, aparate etc.), încăperile și utilajele pe care le deservește, rezultatele încercărilor etc. Se indică gradul de tratare a aerului refulat ; în cazul recirculației se arată procentual cantitatea ce se recirculă din debitul total de aer. Se specifică elaboratorul proiectului instalației, precum și întreprinderea care a executat lucrarea, data la care s-a făcut încercarea tehnică a instalației și data la care aceasta a fost pusă în exploatare.

Fișa tehnică se completează în două etape, astfel :

— în prima etapă se completează fișa pe baza datelor din proiect și a instalațiilor executate ;

— în etapa a doua (la recepția instalației) se completează datele reale obținute în urma încercărilor tehnice și a măsurătorilor efectuate.

Jurnalul de exploatare se întocmește pentru fiecare instalație de ventilare și se introduce odată cu începerea exploatării acestei instalații. La jurnalul de exploatare se anexează schema instalației respective, în care se menționează dispozitivele de reglare prevăzute, aparatele de măsurat și control care se folosesc, precum și locul de așezare al acestora.

În jurnalul de exploatare se înregistrează toate perturbările care intervin în funcționarea instalației, ca : opriri accidentale, defecte de exploatare, lipsuri în exploatare, arătîndu-se cauzele lor și lucrările de reparații efectuate pentru remediere, data opririi și data repunerii

Scanned with OKEN Scanner

în funcțiune a instalației etc. În cazul unei exploatări normale și a funcționării continue a instalațiilor, prin respectarea strictă a instrucțiunilor de exploatare, în jurnal nu se fac nici un fel de înregistrări.

Jurnalul de exploatare se completează și se păstrează de către personalul responsabil cu pornirea și oprirea la timp a instalației de ventilare.

Prezența acestui jurnal ușurează în mare măsură verificarea exploatării instalației.

Instrucțiunile speciale pentru exploatare se întocmesc de proiectant și în ele se dau indicații caracteristice fiecărei instalații. Se dau indicații precise cu privire la regimurile de funcționare pe care trebuie să le asigure instalația, se enumeră operațiile care trebuie efectuate asupra fiecărui element al instalației pentru asigurarea regimurilor de funcționare respective, se arată modul cum trebuie executate pornirea și oprirea instalației, modul cum trebuie efectuate supravegherea, controlul, repararea și întreținerea instalațiilor și termenele la care trebuie făcute reviziile și reparațiile diferitelor elemente componente.

Instrucțiunile speciale de exploatare se afișează la loc vizibil, lîngă instalație, în ramă cu geam.

F. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI DE PAZĂ CONTRA INCENDIILOR LA EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR

Răspunderea pentru respectarea măsurilor de protecție a muncii la exploatarea și repararea instalațiilor de ventilare și de condiționare este în sarcina personalului responsabil cu exploatarea instalațiilor.

Toate elementele instalațiilor care prezintă pericol de accidentare se protejează conform normelor de tehnică a securității.

La piesele în mișcare și la transmisii se prevăd dispozitive de protecție și apărătoare.

Pentru elementele instalației de ventilare sub tensiune electrică (motoare electrice, baterii electrice de încălzire, filtre electrostatice, conducte electrice, tablouri de comandă etc.) trebuie respectate normele de electrosecuritate.

La pornirea și oprirea instalațiilor de ventilare vor fi respectate întocmai, de către responsabilul instalației de ventilare, instrucțiunile de exploatare specifice, întocmite pentru fiecare instalație în parte.

În timpul funcționării instalației de ventilare, responsabilul acesteia va supraveghea și verifica în permanență starea diverselor elemente ale instalației, precum și a dispozitivelor de protecție.

Scanned with OKEN Scanner

Se interzice accesul la elementele în mișcare ale instalațiilor, în timpu funcționării acestora, a oricăror altor persoane în afară de responsabilul instalației.

Personalul folosit la exploatarea și repararea instalațiilor de ventilare va fi calificat în acest sens și instruit periodic asupra măsurilor de protecție a muncii.

■ În scopul prevenirii incendiilor sînt necesare o serie de măsuri atît la montarea cît și la exploatarea instalațiilor de ventilare.

Pentru prevenirea incendiilor în timpul exploatării se vor întocmi instrucțiuni speciale, pentru fiecare instalație de ventilare în parte, pe baza normelor generale pentru protecția împotriva incendiilor.

Se vor indica instalațiile sau sectoarele din instalații care se opresc sau continuă să funcționeze în caz de izbucnire a incendiului în încăperile deservite.

Verificarea cunoștințelor

16.1. *Oprirea instalației de ventilare dintr-o întreprindere industrială are loc :*

a) *înainte de scoaterea din funcțiune a utilajului tehnologic ;*
b) *în același timp cu scoaterea din funcțiune a utilajului tehnologic ;*
c) *după scoaterea din funcțiune a utilajului tehnologic ?*

16.2. *Reviziile și reparațiile la o instalație de ventilare se fac :*

a) *numai cînd apar defecțiuni ;*
b) *periodic după o planificare prealabilă ;*
c) *în fiecare zi ?*

16.3. *Dispozitivele de protecție și apărătoarele se prevăd :*

a) *numai la piesele în mișcare și transmisii ;*
b) *la întregul agregat ?*

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 17

COMBATEREA ZGOMOTELOR PRODUSE DE FUNCȚIONAREA INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI

1. SURSE DE ZGOMOT ȘI VIBRAȚII

În timpul funcționării instalațiilor de ventilare și de condiționare a aerului iau naștere sunete și zgomote care se pot transmite în încăperi și pot deveni supărătoare. Prin trecerea aerului cu viteză mare prin canalele de aer, prin funcționarea ventilatoarelor, a motoarelor electrice, a pompelor, a pulverizatoarelor de apă etc., se produc oscilații acustice, care se transmit în clădire.

În același timp, prin canalele de aer se pot transmite și zgomote produse de alte surse, aceste canale fiind elementul de legătură între diferite încăperi.

Nivelul de zgomot produs de instalațiile de ventilare și de condiționare nu trebuie să depășească următoarele valori (în foni) pentru diferite destinații de încăperi :

— studiouri de televiziune, radiodifuziune și cinema 15 ;
— camere de locuit și lucru individual 20 ;
— săli de concert, cinematografe și săli de teatru cu cerințe de calitate 25;
— săli de concert și cinematografe fără cerințe de calitate, săli de spital, biblioteci 30 ;
— săli pentru adunări, birouri colective 35 ;
— restaurante cu cerințe de calitate 40 ;
— restaurante fără cerințe de calitate 45—50.

Scanned with OKEN Scanner

Pe lîngă propagarea directă prin aer a vibrațiilor, sub formă de sunete și zgomote, mai are loc și o propagare indirectă prin elementele de construcție (pereți, planșee, stîlpi etc.).

Pentru combaterea zgomotelor și a vibrațiilor produse de funcționarea instalațiilor de ventilare se iau diferite măsuri, în funcție de sursa producătoare și de calea de propagare.

2. ATENUAREA NATURALĂ

În canalele de aer are loc o atenuare a zgomotelor datorită schimbărilor de direcție în curbe și ramificații și prin absorbția zgomotelor de către materialele din care sînt construite.

Unul din criteriile de care trebuie să se țină seama la alegerea materialului din care se confecționează canalele este și capacitatea de atenuare a zgomotului ; de exemplu : canalele din tablă atenuează mai puțin zgomotul, în timp ce canalele din plăci din fibră minerală sînt foarte bune atenuatoare.

Pentru a se evita producerea de zgomot în rețeaua de canale datorită circulației aerului, este necesar ca viteza aerului în acestea să nu depășească anumite limite care, în cazul instalațiilor din clădiri civile cu condiții normale de silențiozitate, au următoarele valori maxime :

— în canale principale, 8 m/s ;
— în canale secundare prin spații neocupate de persoane, 6,5 m/s ;
— în canale secundare deservind spațiul ventilat, 5 m/s ;
— în gurile de aer, 4 m/s.

Vitezele maxime admise sînt mai mici în clădiri cu condiții severe de silențiozitate (studiouri, săli de spectacole, spitale etc.) și mai mari în clădiri industriale, unde există un nivel de zgomot mai ridicat datorită procesului tehnologic.

Pentru mărirea atenuării zgomotelor în canalele de ventilare se căptușește interiorul acestora cu materiale absorbante. Căptușirea se poate realiza pe una, pe mai multe sau pe toate laturile canalului, în funcție de condițiile locale. În mod similar se poate proceda și la gurile de refulare și de absorbție a aerului.

Pentru căptușire se folosesc materiale care absorb zgomotele (plăci poroase, saltele de vată minerală etc.), denumite, în general, materiale fonoizolante.

Aceste materiale se așază pe pereții interiori ai canalului sau gurilor de aer, de obicei în straturi, fixîndu-se cu plasă de sîrmă sau șipci de lemn. Este indicat, pentru o eficacitate mai mare a stratului fonoizolant, ca, între acesta și peretele canalului de aer, să existe și un strat liber de aer.

Scanned with OKEN Scanner

Căptușirea canalelor se execută pe o anumită lungime, numită lungime de izolare fonică, care depinde de diametrul sau laturile secțiunii canalelor și se determină prin calcul în funcție de nivelul admis pentru intensitatea acustică.

În general, lungimea de izolare este cu atît mai mare cu cît secțiunea canalului este mai mare, deoarece la acestea din urmă absorbția zgomotelor este mai puțin activă. La aceste canale, vibrațiile cu frecvență înaltă pot trece ușor, fără a fi reținute, prin centrul secțiunii.

Din acest motiv, pentru a nu se izola porțiuni de canal cu lungimi prea mari, secțiunile mari ale canalelor se împart în celule sau în canale lamelare, obținîndu-se în acest mod mai multe canale cu secțiune mai mică.

■ Ventilatoarele constituie sursa principală de zgomot în instalațiile de ventilare.

Zgomotul generat de ventilatoare (centrifugale sau axiale) poate fi de origine aerodinamică, generat de vîrtejurile de aer sau de natură mecanică, produs de neechilibrarea rotorului, jocul lagărelor etc.

Zgomotul aerodinamic depinde de forma paletelor, de presiune și de viteza periferică a rotorului.

Este recomandabil ca ventilatoarele folosite în instalațiile din clădiri să aibă viteza periferică și presiunea statică limitate la cel mult 20 m/s și 35 daN/m^2.

Pentru atenuarea vibrațiilor se recomandă luarea următoarelor măsuri :

— amplasarea ventilatoarelor, pompelor, compresoarelor să fie cît mai departe de încăperile la care se cere un nivel de zgomot redus. Se recomandă ca toate aceste agregate să fie la subsol, așezate pe postamente sau în încăperi anexe ;

— postamentele acestor mașini să fie independente și să nu vină în contact direct cu elementele de construcție ;

— racordarea ventilatoarelor la canalele de aer să se realizeze prin intermediul unor elemente elastice (burdufuri din foaie de cort sau pînză cauciucată) ;

— postamentele ventilatoarelor, pompelor, motoarelor electrice să aibă o masă cît mai mare față de masa proprie a agregatelor ;

— agregatele și motoarele electrice de acționare să aibă o turație cît mai redusă, mers silențios și să fie perfect centrate și echilibrate ;

— postamentele să fie prevăzute cu sisteme de amortizare a vibrațiilor (arcuri metalice, garnituri de cauciuc, strat de plută etc.).

Scanned with OKEN Scanner

3. ATENUATOARE DE ZGOMOT

Cînd atenuarea naturală în rețea și atenuarea obținută prin căptușirea canalelor nu sînt suficiente, se folosesc atenuatoare de zgomot.

Atenuatoarele se execută sub forma unor piese lungi de peste 1 m, cu secțiune dreptunghiulară sau circulară. Atenuatoarele dreptunghiulare au în interior niște lamele (atenuatoare lamelare), iar cele circulare, un miez de formă aerodinamică.

Toate elementele atenuatorului (inclusiv pereții) sînt căptușiți cu un material fonoabsorbant.

Atenuatoarele se montează pe canale, de obicei, lîngă sursa de zgomot (fig. 17.1).

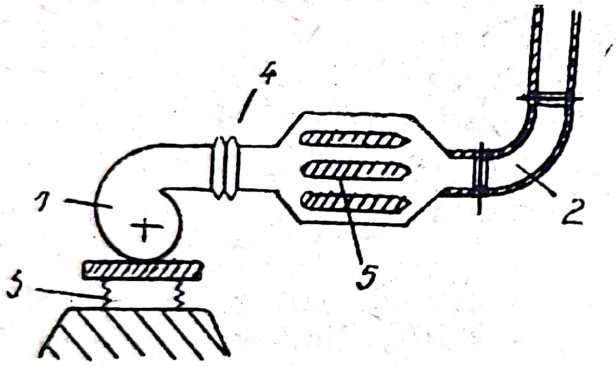


Fig. 17.1. Montarea unui atenuator lamelar : *1* — ventilator ; *2* — canal de ventilare ; *3* — dispozitiv de amortizare a vibrațiilor ventilatorului ; *4* — burduf de legătură elastic ; *5* — atenuator de zgomot lamelar montat pe canalul principal.

Verificarea cunoștințelor

17.1. *Propagarea vibrațiilor are loc :*
a) *direct prin aer ;*
b) *indirect prin elementele de construcții ;*
c) *atît prin aer cît și prin elementele de construcții ?*

17.2. *Atenuatoarele de zgomot trebuie prevăzute :*
a) *la toate instalațiile de ventilare ;*
b) *numai la instalațiile de ventilare la care se cere o silențiozitate deosebită ;*
c) *ori de cîte ori nivelul de zgomot depășește nivelul admis ?*

RĂSPUNSURI CORECTE LA ÎNTREBĂRILE DE VERIFICARE A CUNOȘTINȚELOR

1.1. a ; **1.2.** c ; **2.1.** a . . .d ; **2.2.** a ; **2.3.** c ; **2.4.** a ; **2.5.** c ; **2.6.** a ; **2.7.** c ; **2.8.** Nu, la aceeași temperatură ; da, prin încălzire ; **2.9.** a și c. **3.1.** a . . .e ; **3.2.** c ; **3.3.** a ; **3.4.** c ; **3.5.** a ; c) în concentrație mai mare de 0,03% în volume, v. tab. **2.1.** ; **4.1.** b ; **4.2.** e ; **4.3.** c ; **4.4.** a ; pentru explicație, v. par. 4.A.3. ; **4.5.** Presiunea parțială a vaporilor de apă la saturație p_s este cu atît mai mare cu cît temperatura este mai ridicată (v. par. 2.B.3, formula pentru p_s) ; **4.6.** b ; atît pierderile de energie electrică ale motorului, care determină valoarea randamentului acestuia cît și energia electrică utilă se transformă, în cele din urmă, integral în căldură care rămîne în încăpere ; **4.7.** Se stabilește întîrzierea ε cu formula (4.24) și se calculează fluxul de căldură transmis încăperii prin perete, cu formula (4.25), corespunzător iradierii existente la o oră decalată înapoi cu ε. La acest flux de căldură se adaugă fluxul transmis direct prin fereastră la ora considerată ; **5.1.** a ; **5.2.** d ; **5.3.** a ; **5.4.** b ; **5.5.** a ; **5.6.** a și b ; **6.1.** b ; **6.2.** c ; **6.3.** b ; **6.4.** c ; **6.5.** a . . .g ; **6.6.** c. **7.1.** c ; **7.2.** c ; **7.3.** c; **7.4.** a, b, c ; (d) se exclude ; **7.5.** b ; **7.6.** c și d ; **7.7.** c ; **7.8.** d ; numai hota simplă montată deasupra băii poate recepționa și evacua volumul mare de abur ; în cazul dat, hota este mai simplă și mai economică decît celelalte dispozitive ; **7.9.** b ; volumul de abur fiind mic, o carcasă sau o nișă ar fi mai recomandabile decît hotele ; nișa este preferabilă, deoarece date fiind intervențiile frecvente la baie, carcasa ar împiedica procesul de lucru ; **7.10.** c ; carcasa ar împiedica lucrul, iar gura de captare are o eficiență mai redusă decît dispozitivul (c) ; **7.11.** a ; numai carcasa cu un racord de aspirație poate reține praful ce se dezvoltă ; ventilarea generală se exclude ; **7.12.** c, b, a, d ; carcasa (f) se exclude deoarece împiedică procesul de lucru ; nișa (c) este cea mai eficace deoarece închide cel mai mult locul de degajare ; sistemul (b) este mai bun decît aspirația bilaterală (a), deoarece creează la suprafața băii o perdea de aer care împiedică dispersarea substanțelor nocive în zona de lucru ; hota dublă (d) este mai puțin eficientă decît aspirația bilaterală (a), deoarece este expusă la curenții de aer din încăpere care pot dispersa substanțele nocive dar este mai eficientă decît hota simplă (e), datorită faptului că, la același debit de aer, realizează o viteză mai mare de absorbție pe conturul deschiderii de aspirație ; **8.1.** a, e, f, g, k ; **8.2.** c ; **8.3.** b ; **8.4.** b ; **9.1.** a ; **9.2.** c ; **9.3.** a ; **10.1.** b ; **10.2.** a ; **10.3.** b ; **11.1.** c ; **11.2.** a ; **12.1.** c ; **12.2.** b ; **12.3.** a ; **12.4.** a ; **12.5.** c ; **12.6.** a ; **13.1.** a ; **13.2.** c ; **13.3.** a ; **13.4.** b ; **13.5.** b ; **14.1.** a ; **14.2.** c ; **14.3.** a ; **14.4.** b ; **14.5.** a ; **14.6.** b ; **15.1.** c ; **15.2.** c ; **15.3.** c ; **16.1.** c ; **16.2.** b ; **16.3.** a ; **17.1.** c ; **17.2.** c.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Cap. 1. OBIECTUL VENTILĂRII ȘI CONDIȚIONĂRII AERULUI. MIJLOACE DE REALIZARE 3

Cap. 2. PROPRIETĂȚILE AERULUI 8
A. Compoziția aerului 8
B. Parametrii de stare ai aerului 9

Cap. 3. PRINCIPII DE CONFORT. BAZELE IGIENICE ALE VENTILĂRII 16
A. Schimbul de căldură dintre om și mediu 17
B. Condiții de confort 20
C. Calitatea aerului. Bazele igienice ale ventilării 22

Cap. 4. DEGAJĂRI NOCIVE 24
A. Gazele și vaporii 24
B. Praful și fumul 27
C. Vaporii de apă 29
D. Mirosul 31
E. Degajări și aporturi de căldură 32

Cap. 5. MIȘCAREA LIBERĂ A AERULUI 50
A. Jeturi de aer 50
B. Cîmpuri de absorbție 62
C. Distribuirea aerului în încăperi 70

Cap. 6. CURGEREA AERULUI ÎN CONDUCTE 74
A. Elemente de teorie a curgerii 74
B. Curgerea aerului 84
C. Rețele de conducte 89

Cap. 7. SISTEME DE VENTILARE 102
A. Generalități 102
B. Ventilarea naturală 110
C. Ventilarea mecanică generală 116
D. Ventilarea locală prin introducerea aerului 125
E. Ventilarea locală prin aspirarea aerului 129

Cap. 8. SISTEME DE CONDIȚIONARE A AERULUI 140
A. Noțiuni de termodinamică a aerului umed 140
B. Condiționarea aerului 150

Cap. 9. INSTALAȚII DE ELIMINARE A CEȚII. PRINCIPII DE FUNCȚIONARE ȘI SCHEME CONSTRUCTIVE 161

Scanned with OKEN Scanner

Cap. 10. INSTALAȚII DE DESPRĂFUIRE 165
A. Principii de funcționare. Scheme constructive 165
B. Separatoare de praf 170

Cap. 11. INSTALAȚII DE TRANSPORT PNEUMATIC 177
A. Principii de funcționare și scheme constructive 177
B. Elemente de calcul 180
C. Particularități constructive 181

Cap. 12. EXECUTAREA ȘI MONTAREA ELEMENTELOR COMPONENTE ALE INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI DE CONDIȚIONARE A AERULUI 185
A. Canale de aer și piese speciale 185
B. Elemente accesorii 210
C. Executarea elementelor instalațiilor de ventilare și condiționare 220
D. Prefabricarea instalațiilor de ventilare și condiționare 233

Cap. 13. MONTAREA INSTALAȚIILOR 238
A. Montarea conductelor de aer 238
B. Montarea ventilatoarelor 242
C. Montarea bateriilor de încălzire și de răcire 245
D. Montarea filtrelor și separatoarelor de praf 246
E. Montarea aparatelor de condiționare 248
F. Măsuri de protecție a muncii la montarea instalațiilor 249

Cap. 14. ÎNCERCAREA TEHNICĂ ȘI MĂSURAREA INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI 250
A. Aparate și metode pentru măsurat 250
B. Încercarea elementelor instalațiilor de ventilare și condiționare 264
C. Determinarea eficacității instalațiilor 266
D. Manipularea, întreținerea și păstrarea aparatelor de măsurat . . 267

Cap. 15. REGLAREA INSTALAȚIILOR 271
A. Reglarea instalațiilor înainte de darea în exploatare 271
B. Reglarea instalațiilor în exploatare 274
C. Reglarea automată a instalațiilor 276

Cap. 16. ÎNTREȚINEREA, EXPLOATAREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR 280
A. Pornirea și oprirea instalațiilor 280
B. Reguli privind supravegherea funcționării instalațiilor 282
C. Reguli pentru întreținerea instalațiilor 283
D. Repararea instalațiilor 283
E. Organizarea exploatării 285
F. Măsuri de protecție a muncii și de pază contra incendiilor la exploatarea instalațiilor 287

Cap. 17. COMBATEREA ZGOMOTELOR PRODUSE DE FUNCȚIONAREA INSTALAȚIILOR DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI 289

Scanned with OKEN Scanner

Coli de tipar 18,500. B.T. 27.07.1977.
Format 16/61×86, hîrtie scris I A.
61×86/33,05. Tiraj 3 600+80 broşat.
Apărut 1977.

I. P. „Oltenia" Craiova
Str. M. Viteazul, nr. 4

Republica Socialistă România
Plan 11 544/197/1977.

Scanned with OKEN Scanner

Lei 8,30

Scanned with OKEN Scanner